

TA/TL/2022/1439

TUGAS AKHIR
EVALUASI SISTEM PLAMBING AIR BUANGAN DI
BANDAR UDARA ADI SOEMARMO BERDASARKAN
SNI 8153-2015

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



DAFFA ALLAM HOESAIN
17513092

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022

TUGAS AKHIR
EVALUASI SISTEM PLAMBING AIR BUANGAN DI
BANDAR UDARA ADI SOEMARMO BERDASARKAN
SNI 8153 - 2015

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



DAFFA ALLAM HOESAIN
17513092

Disetujui,

Dosen Pembimbing 1:

Dosen Pembimbing 2:

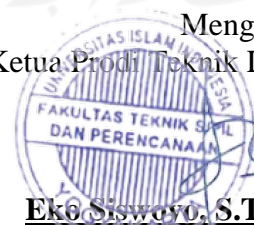

Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.
NIK. 185130402

Tanggal:


Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.
NIK. 135130503

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Ekol Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK. 025100406

Tanggal: 31 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**EVALUASI SISTEM PLAMBING AIR BUANGAN DI
BANDAR UDARA ADI SOEMARMO BERDASARKAN
SNI 8153 - 2015**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Selasa
Tanggal : 8 Maret 2022**

Disusun Oleh:

**DAFFA ALLAM HOESAIN
17513092**

Tim Penguji :

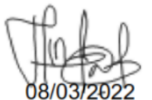
Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

()

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.

()

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()
08/03/2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 28 Maret 2022

Yang membuat pernyataan,



Dana Ailam Hoesain

NIM: 17513092

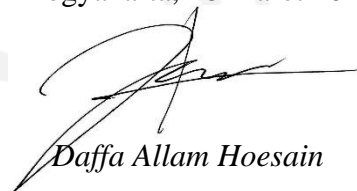
PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak 15 September 2021 ini ialah Evaluasi Sistem Plumbing Air Buangan Di Bandar Udara Adi Soemarmo Berdasarkan SNI 8153-2015

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc. dan Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 1 dan 2, serta Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. yang telah memberi saran sebagai Reviewer. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Ibu Verika Fitri Andriana dari PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta sebagai Airport Safety, Risk & Performance Management Manager, serta Bapak S.T., Irfa Darajat sebagai pembimbing lapangan, yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga dan teman-teman atas segala doa dan dukungannya.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 28 Maret 2022



Daffa Allam Hoesain

ABSTRAK

DAFFA ALLAM HOESAIN. *Evaluasi Sistem Plambing Air Buangan Di Bandar Udara Adi Soemarmo Berdasarkan SNI 8153-2015. Dibimbing oleh ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.SC. dan YEBI YURIANDALA, S.T., M.ENG. Direview oleh FINA BINAZIR MAZIYA, S.T., M.T.*

Penelitian ini dilaksanakan berbarengan dengan penugasan *On the Job Training* di PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta. Tugas OJT tersebut yaitu memastikan terpisahnya perpipaan air buangan (air kotor dan air bekas) dengan air hujan dan penentuan titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh air hujan beserta solusinya. Masalah pengenceran pada air buangan merupakan urgensi penugasan OJT tersebut, dikarenakan terindikasi adanya pengenceran air limbah dari bertambahnya debit air buangan saat terjadi hujan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka sekaligus dilakukannya penelitian berupa evaluasi sistem plambing air buangan gedung terminal. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan sistem plambing eksisting dari hasil observasi di lapangan secara langsung dibantu data layout gedung terminal dengan acuan dari SNI 8153-2015. Hasil penelitian untuk penggambaran layout jalur perpipaan air buangan Gedung Terminal Bandara dapat dilihat pada gambar di Lampiran 1-18. Evaluasi jalur perpipaan air buangan ditemukan jika jalur perpipaan air buangan Terminal Bandara Lama masih belum memenuhi kriteria, karena terdapat satu titik pada jalur perpipaan yang letaknya berdekatan dengan komponen elektrik (Gambar 4.2). Hasil evaluasi dimensi perpipaan air buangan yang diwakilkan oleh lavatory Terminal Bandara Baru ditemukan 3 pipa air bekas horisontal (Gambar 4.4 dan 4.5) yang ukurannya masih dibawah minimal kriteria SNI 8153-2015. Titik pengenceran aliran air buangan oleh aliran air hujan ditemukan terletak pada 1 titik di *Sewage Pit* gedung Terminal Bandara Lama oleh pipa talang vertikal yang menyimpang (Lampiran 4). Rekomendasi pengubahan jalur pipa talang yang menyimpang agar disalurkan menuju saluran utama drainase gedung (Lampiran 23-25) sebagai solusi masalah pengenceran. Pengubahan jalur drainase tersebut sebagai pencegahan akan terjadinya pengenceran terhadap air buangan oleh air hujan dengan pertimbangan segi biaya dan masih berfungsinya saluran tersebut.

Kata kunci: Air buangan, Bandar udara, Jalur perpipaan, Pengenceran, Plambing.

ABSTRACT

DAFFA ALLAM HOESAIN. Evaluation of Wastewater Plumbing System At Adi Soemarmo International Airport Based On SNI 8153-2015. Supervised by ELITA NURFITRIYANI SULISTYO, S.T., M.SC. and YEBI YURIANDALA, S.T., M.ENG. Reviewed by FINA BINAZIR MAZIYA, S.T., M.T.

This research was carried out in conjunction with On the Job Training at PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta. The task of the OJT is to ensure the separation of wastewater piping from rainwater and to determine the point of dilution of the wastewater flow by rainwater and its solutions. It is indicated that there is dilution of wastewater from increased debit of wastewater when it rains. This research is carried out in the form of evaluation of the wastewater plumbing system at the Airport's terminal building by reviewing the existing plumbing system from the results of direct field observations with the help of terminal building layout data and compared it with the SNI 8153-2015. The results of the study to draw the layout of the waste water pipelines of the Airport Terminal Building can be seen in the Appendix 1-18. Evaluation of the waste water piping path was found if the wastewater pipe line of the Old Airport Terminal still did not meet the criteria, because one of the piping points was located adjacent to the electrical component (Figures 4.2). The results of the evaluation of the dimensions of the waste water piping represented by the New Airport Terminal lavatory found 3 horizontal used water pipes (Figures 4.4 and 4.5) whose size is still below the minimum criteria of SNI 8153-2015. The point of dilution of the wastewater by the rainwater was found to be located at a single point in the Sewage Pit of the Old Terminal building by a deviated vertical drainage pipe (Appendix 4). Recommendations for re-routing the deviated drainage pipe so that it is channeled to the main drainage system (Appendix 23-25) is the chosen solution to the dilution problem. The re-routing is done as a solution to prevent the dilution of the wastewater by rainwater with consideration of a more economical alternative and the still functioning channel of the deviated drainage pipeline.

Keywords: Airport, Dilution, Plumbing, Route, Wastewater

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Bandar Udara Adi Soemarmo.....	5
2.1.1 Sejarah Perusahaan.....	7
2.2 Sistem Plambing.....	8
2.2.1 Definisi Plambing.....	8
2.2.2 Fungsi Sistem Plambing.....	9
2.2.3 Jenis Sistem Plambing.....	9
2.3 Sistem Plambing Air Buangan.....	10
2.3.1 Definisi Plambing Air Buangan.....	10
2.3.2 Jenis Air Buangan.....	11
2.3.3 Karakter Air Buangan (Limbah).....	12
2.3.4 Klasifikasi Sistem Pembuangan Air.....	12
2.3.5 Jenis-Jenis Pipa Buangan.....	18
2.3.6 Unit Beban Alat Plambing.....	18
2.3.7 Beban maksimum unit alat plambing.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	22

3.2	Kerangka Pelaksanaan	24
3.3	Uraian Kerangka Pelaksanaan.....	25
3.3.1	On the Job Training.....	25
3.3.2	Ide Penelitian.....	25
3.3.3	Studi Literatur	25
3.3.4	Pengambilan Data	25
3.3.5	Pengolahan Data.....	27
3.3.6	Analisa Data	27
3.3.7	Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Jalur Pipa Air Buangan	29
4.1.1	Gedung Terminal Lama	32
4.1.2	Gedung Terminal Baru.....	34
4.1.3	Stasiun Bandara.....	35
4.2	Dimensi Perpipaan Air Buangan.....	36
4.2.1	Unit Beban Alat Plumbing	39
4.2.2	Evaluasi Dimensi Perpipaan Air Buangan.....	40
4.3	Pengenceran air limbah oleh air hujan	41
4.3.1	Perhitungan Debit Pengenceran	42
4.3.2	Pengubahan Jalur Pipa Drainase	44
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		46
5.1	Simpulan	46
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unit Beban Alat Plumbing untuk air limbah.....	19
Tabel 2.2 Beban dan panjang maksimum plumbing air limbah.....	21
Tabel 4.1 UBAP air buangan lavatory Terminal Baru.....	39
Tabel 4.2 Evaluasi diameter pipa air buangan	40
Tabel 4.3 Inventarisasi sumber air limbah	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bandar Udara Adi Soemarmo	6
Gambar 2.2 Kantor PT. Angkasa Pura I (Persero) cabang Adi Soemarmo	7
Gambar 2.3 Diagram alir sistem plambing air buangan	11
Gambar 2.4 Skema sistem sanitasi terpusat	15
Gambar 2.5 Skema sistem sanitasi terpisah	15
Gambar 3.1 Foto satelit Bandar Udara Adi Soemarmo	23
Gambar 3.2 Diagram alir kerangka pelaksanaan	24
Gambar 3.3 <i>Print out</i> denah Gedung Terminal dan Gedung Penunjang	27
Gambar 4.1 Bagian-bagian Gedung Terminal Bandara	31
Gambar 4.2 Pipa air buangan pada Ruang Maintenance	33
Gambar 4.3 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 3.....	36
Gambar 4.4 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 2.....	37
Gambar 4.5 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 1.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lantai 1	50
Lampiran 2. Pembagian Lavatory Lantai 1	51
Lampiran 3. Lantai 1-A.....	52
Lampiran 4. Lantai 1-B.....	53
Lampiran 5. Lantai 1-C.....	54
Lampiran 6. Lantai 1-D.....	55
Lampiran 7. Lantai 2	56
Lampiran 8. Pembagian Lavatory Lantai 2.....	57
Lampiran 9. Lantai 2-A.....	58
Lampiran 10. Lantai 2-B.....	59
Lampiran 11. Lantai 2-C.....	60
Lampiran 12. Lantai 2-D.....	61
Lampiran 13. Lantai 3	62
Lampiran 14. Pembagian Lavatory Lantai 3.....	63
Lampiran 15. Lantai 3-A.....	64
Lampiran 16. Lantai 3-B.....	65
Lampiran 17. Lantai 3-C.....	66
Lampiran 18. Lantai 3-D.....	67
Lampiran 19. IPAL Bandara Adi Soemarmo (1).....	68
Lampiran 20. IPAL Bandara Adi Soemarmo (2).....	69
Lampiran 21. IPAL Bandara Adi Soemarmo (3).....	70
Lampiran 22. Lokasi Pengubahan Jalur Talang.....	71
Lampiran 23. Pengubahan jalur talang pengencer (Tampak Atas).....	72
Lampiran 24. Pengubahan jalur talang pengencer (Isometri 1).....	73
Lampiran 25. Pengubahan jalur talang pengencer (Isometri 2).....	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plumbing adalah sistem perpipaan penyediaan dan pembuangan air di mana dari segi kualitas, kuantitas, dan kontinuitasnya yang memenuhi sasaran dan juga standar syarat yang berlaku. Tujuan dari instalasi peralatan plumbing yaitu sebagai sarana atau alat untuk penyediaan air bersih ke tempat yang dituju dengan debit dan tekanan yang sesuai, dan juga bertujuan sebagai sarana pembuangan limbah atau kotoran dari suatu tempat, agar terjaganya kebersihan. (Noerbambang dan Morimura, 2005). Sebuah bangunan dinilai layak jika memiliki cukup penyediaan air bersih yang memenuhi syarat dan memiliki pembuangan limbah padat dan cair yang lancar. Air kotor ialah air yang tidak memenuhi syarat secara fisik dan tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk kehidupan sehari-hari, sehingga air kotor harus diproses secara lebih lanjut sebelum dapat dimanfaatkan. Air buangan harus direncanakan dengan instalasi pipa yang benar, agar bisa mengalirkan buangan atau kotoran dalam bentuk cair maupun padat dengan lancar, hal ini sangat bermanfaat terhadap lingkungan dengan tidak mencemari tempat-tempat yang dilaluinya (Pynkyawati dan Wahadamaputera, 2015). Pada sistem plumbing pembuangan air kotor dapat menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkannya, dengan perencanaan titik-titik lokasi pembuangan yang baik akan mengalirkan air kotor ke tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya (Robert, 2002).

Sistem penyaluran air limbah terdiri dari dua jenis sistem, yaitu sistem penyaluran secara tercampur dengan limpasan air hujan dan sistem penyaluran secara terpisah. Walaupun sistem tercampur merupakan salah satu standar dalam sistem plumbing buangan, tetapi dalam skala yang lebih besar akan timbul risiko tersendiri, yang mana sistem tercampur tersebut sangat bergantung pada intensitas curah hujan yang terjadi pada waktu tertentu sehingga debit yang akan ditampung oleh saluran fluktuatif dan tidak dapat diperkirakan yang kemudian memungkinkan terjadinya *overflow* serta Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) tidak

menjalankan fungsinya secara optimal karena kapasitas debit yang diolah berlebih. Maka dari itu, diperlukannya perencanaan penyaluran air limbah yang terpisah dengan limpasan air hujan untuk mengurangi beban pengolahan di IPAL dan memungkinkan air hujan untuk dapat dimanfaatkan kembali. Sistem Penyaluran yang terpisah dengan air hujan atau biasa disebut *separate system (full sewerage)* adalah sistem dimana air buangan disalurkan tersendiri dalam jaringan riol tertutup, sedangkan limpasan air hujan disalurkan tersendiri dalam saluran drainase khusus untuk air yang tidak tercemar, (Seyoum, 2016).

Perencanaan sistem sanitasi saluran terpisah, harus diperhatikannya kemungkinan jika masih terdapatnya limpasan air hujan (*inflow*) yang masuk ke saluran air limbah. Limpasan air hujan seringkali masuk melalui sambungan pipa talang pada atap bangunan, kebocoran pada pipa dan aliran tidak terdeteksi yang masih terhubung dengan saluran air limbah. Jika intensitas hujan sedang tinggi dan tercampur dengan air limbah, debit air limbah akan meningkat serta dikhawatirkan akan membebani unit pengolahan sehingga pengolahan air limbah menjadi tidak efektif, sehingga perlunya pemutusan atau perubahan arah aliran air hujan dengan benar (Carrico, 2014). Berdasarkan pentingnya sistem plambing yang sudah dijabarkan, maka perlu dipastikannya sistem plambing dalam suatu gedung yang dalam penelitian ini yaitu gedung terminal Bandara Adi Soemarmo jika sudah terancang dengan baik dan benar. Hal tersebut untuk mencegah gas yang timbul maupun bakteri yang terdapat pada air buangan dapat mengancam kesehatan pengguna fasilitas saniter, selain itu juga kerusakan sistem perpipaan maupun unit IPAL akibat buruknya kualitas ataupun ketidak sesuaian dengan standarnya akan menyebabkan kerugian ekonomi dan juga perusakan lingkungan.

Penelitian ini dilaksanakan bersamaan dengan pengerjaan tugas OJT (*On the job Training*) pada divisi Airport Safety, Risk, And Performance Management di PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta. Tugas dari OJT tersebut adalah dua poin PROPER yaitu memastikan terpisahnya aliran perpipaan air buangan dengan aliran perpipaan air hujan (*drainase*) dan penentuan titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh air hujan beserta solusinya, karena juga terindikasi adanya pengenceran yang terjadi terhadap saluran

air buangan dari penambahan debit nya di saat terjadinya hujan lebat di lokasi. Berdasarkan permasalahan pengenceran tersebut maka perlu dilakukannya evaluasi sistem plambing air buangan gedung terminal Bandar Udara Adi Soemarmo dengan cara membandingkan sistem eksisting dari hasil observasi secara langsung dengan SNI plambing yang berlaku. Manfaat dari perencanaan ulang ini adalah untuk memberikan masukan berupa data gambar jalur instalasi plambing air buangan eksisting kepada PT Angkasa Pura I (Persero), titik terjadinya pengenceran air buangan oleh masuknya air hujan beserta solusinya, dan masukan dari hasil evaluasi berdasarkan SNI 8153-2015.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang sebelumnya, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi jalur plambing air buangan eksisting di Terminal Bandara Adi Soemarmo?
2. Bagaimana sistem plambing air buangan pada gedung jika dibandingkan dengan SNI 8153-2015?
3. Apakah terjadi pengenceran pada saluran air buangan oleh buangan air hujan dan bagaimana solusinya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggambarkan kondisi eksisting jalur sistem plambing air buangan di Bandar Udara Adi Soemarmo.
2. Mengevaluasi jalur dan dimensi perpipaan plambing air buangan dengan mengacu pada SNI 8153-2015
3. Menentukan titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh aliran air hujan, beserta solusinya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambar *layout* jalur sistem plambing air buangan eksisting di gedung terminal Bandar Udara Adi Soemarmo dalam format gambar AutoCAD.
2. Memberikan evaluasi untuk jalur dan dimensi perpipaan plambing air buangan yang mengacu pada SNI 8153-2015.
3. Memberikan masukan tentang solusi terhadap terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh aliran air hujan pada sistem plambing Bandar Udara Adi Soemarmo.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian dilakukan di gedung Terminal Lama dan Baru Bandara Adi Soemarmo dan juga gedung penunjangnya yang berupa Stasiun Bandara.
2. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2021 sampai dengan bulan Agustus 2021.
3. Aspek plambing yang ditinjau fokus pada jalur perpipaan buangan air kotor (*black water*) dan air bekas (*grey water*).
4. Penggambaran *layout* jalur perpipaan air buangan menyesuaikan Gedung Terminal Bandara yang menghadap -12° dari arah mata angin Utara.
5. Evaluasi jalur perpipaan plambing air buangan eksisting dilakukan pada keseluruhan gedung dengan mengacu regulasi dari SNI 8153-2015.
6. Evaluasi diameter perpipaan plambing air buangan dilakukan dengan lavatory terminal baru sebagai perwakilan lavatory dari keseluruhan gedung yang mengacu SNI 8153-2015.
7. Perumusan solusi terkait masalah pengenceran aliran air buangan oleh aliran air hujan yang bergantung pada hasil observasi kondisi lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bandar Udara Adi Soemarmo

Bandar udara merupakan salah satu simpul transportasi yang memiliki peranan penting dalam penyelenggaraan transportasi. Bandara Adi Soemarmo merupakan salah satu bandar udara Internasional yang ada di Indonesia. Bandara Adi Soemarmo terletak di Jl. Cendrawasih, Tanjungsari, Ngesrep, Kec. Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, Indonesia. Jarak Bandara Adi Soemarmo dari Kota Surakarta sekitar 14 km. Koordinat dari Bandara Adi Soemarmo terletak di 07°30'58"S, 110°45'25"E. Bandara Adi Soemarmo merupakan salah satu bandara yang memiliki prospek untuk dikembangkan dibandingkan bandara lainnya di Jawa Tengah seperti Bandara Ahmad Yani di kota Semarang dan Bandara Adi Sucipto di Daerah Istimewa Yogyakarta. (Purnama dan Yuliawati, 2017). Pada bulan Oktober 2016 jumlah penumpang domestik dari bandara Adi Soemarmo sebesar 178.276 penumpang (BPS Provinsi Jawa Tengah, 2016). Jumlah keberangkatan dan kedatangan penumpang domestik dari bandara Adi Soemarmo pada bulan Desember 2016 sebesar 253.405 penumpang (BPS Provinsi Jawa Tengah, 2017).



Gambar 2.1 Bandar Udara Adi Soemarmo

Bandara Adi Soemarmo terletak di Kecamatan Ngempak, Boyolali, merupakan bandara yang melayani kota Surakarta (Solo), Jawa Tengah yang dioperasikan PT (Persero) Angkasa Pura I. Bandara ini melayani penerbangan Garuda, Sriwijaya Air, Lion Air, dan Indonesia Air Asia untuk penerbangan Jakarta-Solo Pulang Pergi, dan Silk Air untuk penerbangan Solo-Singapura Pulang Pergi serta Air Asia untuk penerbangan Solo-Kuala Lumpur. Solo sebagai kota embarkasi Haji untuk wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta, membuat Bandara Adi Soemarmo melayani penerbangan langsung ke Mekkah atau Jeddah, Arab Saudi. Bandara ini juga berfungsi sebagai pangkalan TNI AU (Kementrian Perhubungan Republik Indonesia, 2011).

2.1.1 Sejarah Perusahaan



Gambar 2.2 Kantor PT. Angkasa Pura I (Persero) cabang Adi Soemarmo

Angkasa Pura I merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang secara umum memberikan pelayanan pada lalu lintas udara dan operasional bisnis bandara di tanah air. Fokus kerja perusahaan ini ditujukan pada pelayanan wilayah Indonesia bagian tengah dan timur, lebih tepatnya mengelola 15 bandara di Indonesia, yang mana salah satunya yaitu Bandara Adi Soemarmo – Surakarta.

PT. Angkasa Pura I (Persero), pelopor perusahaan kebandarudaraan secara komersial di Indonesia, dimulai sejak tahun 1962. Di tanggal 15 November 1962 terbit Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 1962 tentang Pendirian Perusahaan Negara (PN) Angkasa Pura Kemayoran, dengan tugas utama mengelola dan mengoperasikan Bandar udara Kemayoran di Jakarta, yang pada saat itu merupakan satu-satunya bandar udara internasional yang melayani penerbangan dari dan ke luar negeri selain penerbangan domestik. Setelah melalui masa transisi selama dua tahun, sejak 20 Februari 1964 PN Angkasa Pura Kemayoran secara resmi mengambil alih secara penuh aset dan operasional Bandar udara Kemayoran Jakarta dari Pemerintah Republik Indonesia, yang mana di tanggal itulah yang kemudian ditetapkan sebagai hari jadi perusahaan. Pada tanggal 17 Mei 1965, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 21 tahun 1965 tentang Perubahan dan Tambahan PP Nomor 33 Tahun 1962, PN Angkasa

Pura Kemayoran berubah nama menjadi PN Angkasa Pura, dengan tujuan agar lebih terbukanya kemungkinan mengelola bandar udara lain di wilayah Indonesia. Secara bertahap, Bandar udara Ngurah Rai (Denpasar), Bandar udara Halim Perdanakusumah (Jakarta), Bandar udara Polonia (Medan), Bandar udara Juanda (Surabaya), Bandar udara Sepinggan (Balikpapan), dan Bandar udara Hasanuddin (Ujungpandang) kemudian berada dibawah pengelolaan PN Angkasa Pura. Selanjutnya, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 1974, status badan hukum perusahaan diubah menjadi Perusahaan Umum (Perum). Kemudian, sesuai PP Nomor 5 Tahun 1992, bentuk Perum diubah menjadi Perseroan Terbatas (PT) yang sahamnya dimiliki sepenuhnya oleh Negara Republik Indonesia sehingga namanya menjadi PT Angkasa Pura I (Persero). Dalam rangka pembagian wilayah pengelolaan bandar udara, berdasarkan PP Nomor 25 Tahun 1986 tanggal 19 Mei 1986, nama Perum Angkasa Pura diubah menjadi Perusahaan Umum Angkasa Pura I, yang saat ini berkantor pusat di Kota Baru Bandar Kemayoran, Blok B12 - Kav 2, Jakarta (PT. AP 1, 2018).

Penelitian Evaluasi Sistem Plambing Air Buangan Bandara Adi Soemarmo ini dibawah atau dibimbing oleh Airport Environment Site Manager, dan juga dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan OJT (On the Job Training), yang mana dikerjakannya beberapa poin tugas dari Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan (PROPER) perusahaan PT. Angkasa Pura I (persero).

2.2 Sistem Plambing

2.2.1 Definisi Plambing

Plambing merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan instalasi pipa beserta peralatannya pada gedung atau gedung yang berdampingan dan bersangkutan dengan: air hujan, air buangan, dan air minum, yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain yang dibenarkan (SNI: 03-6481-2000). Plambing didefinisikan sebagai seni dan ilmu pemasangan pipa dan peralatan

saniter. Fungsi pertama dari instalasi plambing adalah untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup. Fungsi keduanya adalah untuk menyalurkan air bekas pakai (air kotor) dari peralatan saniter ke tempat yang ditentukan agar tidak mencemari bagian-bagian penting gedung atau lingkungannya (Simangunsong dan Daryanto, 2003).

Sistem perpipaan pada air limbah berfungsi untuk membawa air limbah dari satu tempat ke tempat lain agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Prinsip pengaliran air limbah pada umumnya adalah gravitasi tanpa tekanan, sehingga pola aliran adalah seperti pola aliran pada saluran terbuka. (Kementrian Pekerjaan Umum, 2014).

Jaringan pipa air buangan terdiri dari:

1. Pipa kolektor (lateral)
sebagai pipa penerima air buangan dari sumber dan dialirkan ke pipa utama.
2. Pipa utama (main pipe)
sebagai pipa penerima aliran dari pipa kolektor untuk disalurkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau ke trunk sewer.
3. Trunk sewer
digunakan pada jaringan pelayanan air limbah yang luas (> 1.000 ha).

2.2.2 Fungsi Sistem Plambing

Fungsi peralatan plambing adalah menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki beserta tekanan yang cukup, dan sistem pembuangan air kotor dari tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya. Fungsi yang pertama dilaksanakan oleh sistem penyediaan air bersih, sedangkan fungsi kedua oleh sistem pembuangan (Noerbambang dan Morimura, 2005).

2.2.3 Jenis Sistem Plambing

Jenis sistem plambing terbagi menjadi beberapa bagian dalam suatu pembangunan gedung. Pembagian tersebut disesuaikan dengan fungsi dari sistem plambing, di mana sistem tersebut mencakup beberapa hal seperti berikut:

1. Penyediaan air bersih/minum

2. Penyediaan air panas
3. Sistem pembuangan dan ventilasi
4. Peralatan sanitasi

Penelitian ini akan difokuskan pada sistem plambing jenis sistem pembuangan air kotor (*grey water* dan *black water*) saja, yang mana menyesuaikan dengan ruang lingkup OJT yang ditugaskan.

2.3 Sistem Plambing Air Buangan

2.3.1 Definisi Plambing Air Buangan

Sistem pembuangan merupakan instalasi plambing yang menyalurkan air bekas dari alat plambing menuju tempat pembuangan. Pada suatu bangunan gedung biasanya sistem pembuangan dibagi menjadi beberapa saluran yaitu sistem pembuangan air kotor, sistem pembuangan air bekas (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Air kotor atau buangan ialah air yang tidak memenuhi syarat secara fisik dan tidak dapat dimanfaatkan secara langsung untuk kehidupan sehari-hari, sehingga air ini harus diproses secara lebih lanjut sebelum dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Air kotor memiliki sifat mengeluarkan bau yang tidak enak, sehingga dapat mengganggu kenyamanan, bahkan kemungkinan akan menjadi media penyebaran penyakit. Bila air kotor ini tidak dikelola dengan baik dan benar maka akan berpotensi menimbulkan penyakit dan dapat mencemari lingkungan. Air kotor dan air bekas harus memiliki perencanaan instalasi pipa yang benar, sehingga dapat mengalirkan kotoran cair atau padat dengan aman dan lancar (Pynkyawati dan Wahadamaputera, 2015).



Gambar 2.3 Diagram alir sistem plambing air buangan

2.3.2 Jenis Air Buangan

Menurut Soufyan Moh. Noerbambang dan Takeo Morimura (2005) jenis-jenis air buangan dibagi menjadi golongan-golongan tertentu seperti berikut:

1. Air kotor

Air kotor adalah air buangan yang berasal dari kloset, peturasan, bidet, dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat-alat plambing lainnya.

2. Air bekas

Air bekas adalah air buangan yang berasal dari bak mandi (bath tub), bak cuci tangan, bak dapur, dan sebagainya.

3. Air hujan

Air hujan yang jatuh ke atap atau halaman, dan sebagainya.

4. Air buangan khusus

Air yang mengandung gas racun atau bahan berbahaya yang berasal dari

pabrik, laboratorium, tempat pengobatan, rumah sakit, tempat pemotongan hewan, buangan yang bersifat radioaktif, dan sebagainya.

2.3.3 Karakter Air Buangan (Limbah)

1. Domestik

Limbah domestik adalah semua buangan yang berasal dari kamar mandi, kakus, dapur, tempat cuci pakaian, cuci peralatan rumah tangga, apotek, rumah sakit, rumah makan dan sebagainya yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri dari zat organik baik berupa zat padat maupun cair, bahan berbahaya, beracun, garam terlarut, dan bakteri terutama golongan fecal coli, jasad pathogen, dan parasit.

2. Non Domestik

Limbah domestik sangat bervariasi, terlebih-lebih untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organis, bahan pemberantas hama dan penyakit. Pestisida bahan pupuk yang mengandung nitrogen, fosfor, sulfur, mineral dan sebagainya (Khaliq, 2015).

2.3.4 Klasifikasi Sistem Pembuangan Air

Sistem pembuangan air dibagi menjadi beberapa klasifikasi menurut jenis air buangan, cara membuang air dan sifat-sifat lain dari lokasi di mana saluran akan dipasang (Noerbambang dan Morimura, 2005). Jaringan air limbah harus mempunyai minimal sebuah pipa tegak utama yang dipasang memanjang ke atas dari saluran pembuangan bangunan gedung ke udara terbuka di atas atap, tanpa pengecilan ukuran; pipa tegak tersebut minimal harus berukuran 3 inci (90 mm) dan tidak lebih besar dari saluran pembuangan bangunan gedung. Contoh penyambungan alat plambing 4 inci (110 mm) ke pipa tegak air limbah 3 inci (90 mm) harus dengan TY 3 inci x 4 inci atau T saniter (SNI 8153-2015).

1. Klasifikasi menurut jenis air buangan:

a) Sistem pembuangan air kotor

Sistem pembuangan air kotor adalah sistem pembuangan melalui di mana

air kotor dari kloset dan peturasan dalam gedung dikumpulkan dan dialirkan keluar.

b) Sistem pembuangan air bekas

Sistem pembuangan air bekas adalah sistem pembuangan di mana air bekas dalam gedung dikumpulkan dan di dialirkan keluar.

c) Sistem pembuangan air hujan

Sistem pembuangan air hujan adalah sistem pembuangan hanya untuk air hujan dari atap gedung dan tempat lainnya dikumpulkan dan dialirkan keluar.

d) Sistem air buangan khusus

Sistem air buangan khusus disediakan peralatan pengolahan yang tepat pada sumbernya kemudian dimasukkan kedalam riol umum.

e) Sistem pembuangan air dari dapur

Sistem pembuangan air dari dapur dapat dimasukkan kedalam saluran buangan bersama, dengan air kotor dan bekas. Tetapi ada beberapa pendapat untuk air buangan dari dapur rumah makan yang terletak di ruangan bawah tanah sebuah gedung harus diperlakukan secara khusus untuk mencegah timbulnya pencemaran akibat aliran balik dari saluran air kotor atau air bekas. sistem pembuangan air dapur, apabila air buangannya mengandung lemak harus dilengkapi dengan perangkat lemak, meskipun ada kemungkinan sedikit lemak tersisa dan akan memperkecil penampang saluran.

2. Klasifikasi menurut cara pembuangan air:

a) Sistem pembuangan air campuran

Sistem pembuangan di mana segala macam air buangan dikumpulkan ke dalam satu saluran dan dialirkan keluar gedung tanpa memperhatikan jenis air buangannya.

b) Sistem pembuangan terpisah

Sistem pembuangan di mana setiap jenis air buangan dikumpulkan dan dialirkan keluar gedung secara terpisah.

c) Sistem pembuangan tak langsung

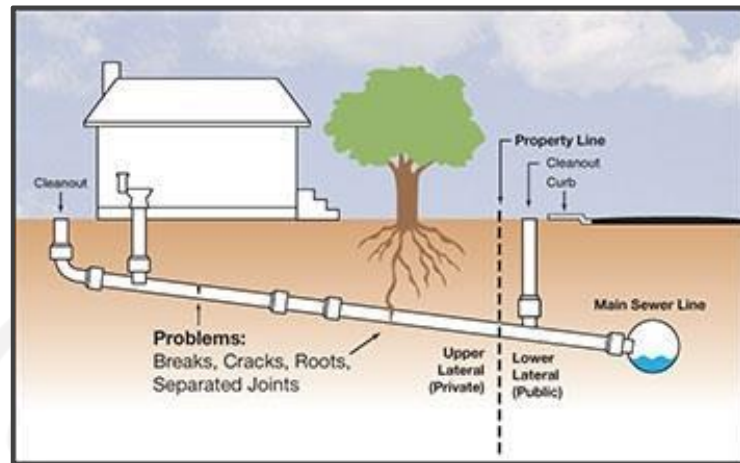
Sistem pembuangan di mana air buangan dari beberapa lantai gedung bertingkat dan digabungkan menjadi satu kelompok. Setiap akhir gabungan perlu dipasang pemecah aliran.

3. Klasifikasi menurut sistem pembuangan air:

a) Sistem sanitasi air buangan

- Sistem Terpusat

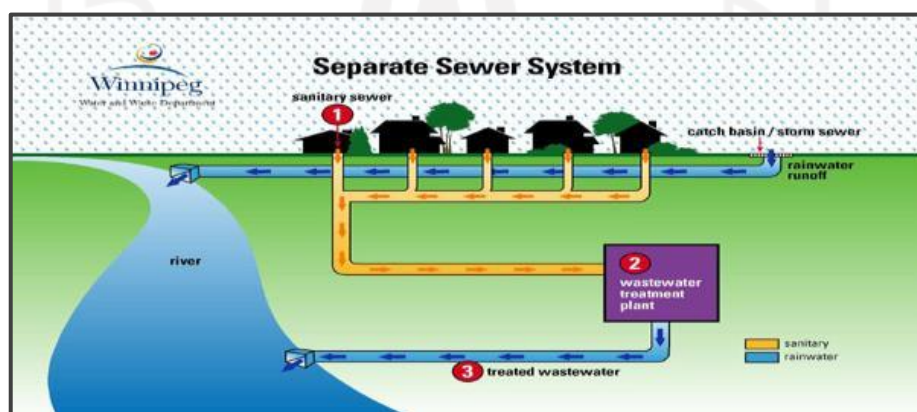
Sistem sanitasi secara terpusat merupakan pendekatan konvensional di banyak negara. Ditandai dengan pengumpulan dan penyaluran air limbah oleh saluran pembuangan secara terpusat ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dimana air limbah diolah dalam kondisi yang relatif terkendali. Secara umum, konsep IPAL terpusat tersebut dianggap sebagai investasi jangka panjang dengan biaya operasional yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beberapa unit pengolahan yang terpisah di skala kecil. Penerapan sistem ini khususnya pada suatu unit perusahaan/industri dinilai lebih efektif karena sangat memudahkan dari segi operation procedure controlling dan juga pemenuhan baku mutu air limbah yang akan dibuang ataupun dimanfaatkan kembali (Wendland, 2010).



Gambar 2.4 Skema sistem sanitasi terpusat

- Sistem Terpisah

Sistem terpisah adalah sistem penyaluran air limbah dimana air limbah dikumpulkan pada suatu jaringan tersendiri secara tertutup dan disalurkan ke unit pengolahan sebelum dibuang ke badan air, sedangkan air hujan dari limpasan dikumpulkan secara terpisah pada suatu jaringan pengumpul sehingga tidak terkontaminasi oleh limbah sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan kembali (De Toffol, 2006).



Gambar 2.5 Skema sistem sanitasi terpisah

Selain dapat mengelola masing-masing air limbah dan air hujan sesuai dengan peruntukannya, manfaat lain yang didapat dari sistem sanitasi

yang terpisah adalah minimnya risiko terjadinya *overflow* atau luapan, karena debit air yang dialirkan sesuai dengan sumbernya, sebab jika *overflow* terjadi maka sangat berkemungkinan air limbah tersebut akan mencemari tanah disekitarnya ataupun berpengaruh pada kesehatan manusia (Tarr, 2009).

Dalam perencanaan sistem sanitasi saluran terpisah, harus diperhatikannya kemungkinan jika masih terdapatnya limpasan air hujan (*inflow*) yang masuk ke saluran air limbah. Seringkali limpasan air hujan masuk melalui sambungan pipa talang pada atap bangunan, kebocoran pada pipa dan aliran tidak terdeteksi yang masih terhubung dengan saluran air limbah. jika intensitas hujan sedang tinggi dan tercampur dengan air limbah, debit air limbah akan meningkat serta dikhawatirkan akan membebani unit pengolahan sehingga pengolahan air limbah menjadi tidak efektif. Oleh karena itu perlunya pemutusan atau perubahan arah aliran air hujan dengan benar (Carrico, 2014).

- b) Sistem perpipaan air kotor dan air bekas (*grey water* dan *black water*)
- Sistem campuran
Sistem pembuangan di mana air kotor dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu saluran.
 - Sistem terpisah
Sistem pembuangan di mana air kotor dan air bekas masing-masing dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah. Khususnya untuk daerah di mana tidak tersedia riol umum yang dapat menampung air bekas maupun air kotor, maka sistem pembuangan air kotor akan disambungkan ke instalasi pengolahan air limbah terlebih dahulu.
- c) Sistem pembuangan air hujan
- Pada dasarnya air hujan harus disalurkan melalui sistem pembuangan yang terpisah dari sistem pembuangan air bekas dan air kotor. Kalau

dicampurkan maka apabila saluran tersebut tersumbat oleh sebab apapun, ada kemungkinan air hujan akan mengalir-balik dan masuk ke dalam alat plambing ter-rendah dalam sistem tersebut.

Terjadinya pencampuran aliran air limbah oleh air hujan menyebabkan debit air limbah sangat bergantung pada intensitas curah hujan yang terjadi pada waktu tertentu sehingga debit yang akan ditampung oleh saluran fluktuatif dan tidak dapat diperkirakan yang kemudian memungkinkan terjadinya *overflow* serta Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) tidak menjalankan fungsinya secara optimal karena kapasitas debit yang diolah berlebih. Oleh karena itu, diperlukannya perencanaan jalur air limbah yang terpisah dengan limpasan air hujan agar mengurangi beban pengolahan di IPAL dan memungkinkan air hujan untuk dimanfaatkan kembali (Tawakal. A. I, 2018).

d) Sistem gravitasi dan bertekanan

- Sistem gravitasi

Sistem gravitasi di mana air buangan dialirkan dari tempat yang tinggi secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya rendah dengan mengatur letak dan kemiringan pipa-pipa pembuangan.

- Sistem bertekanan

Sistem bertekanan di mana air buangan dikumpulkan dalam bak penampung dan kemudian dipompakan ke luar, dengan menggunakan pompa yang digerakkan motor listrik dan bekerja secara otomatis.

4. Klasifikasi menurut letaknya:

a) Sistem pembuangan gedung

Sistem pembuangan yang terletak dalam gedung, sampai jarak satu meter dari dinding paling luar gedung tersebut.

b) Sistem pembuangan diluar gedung atau riol gedung

Sistem pembuangan diluar gedung, di halaman, mulai satu meter dari dinding paling luar gedung tersebut sampai riol umum.

2.3.5 Jenis-Jenis Pipa Buangan

Sistem pembuangan air dibagi menjadi beberapa klasifikasi menurut jenis air buangan. Pada perencanaan ini pipa yang akan digunakan adalah pipa PVC karena tidak mempunyai sifat korosif sehingga tahan lama dan juga lebih ringan serta harganya lebih murah dibanding pipa lain. Berikut ini merupakan jenis-jenis pipa yang umumnya menjadi bagian dari sistem pembuangan, yaitu antara lain:

- a) Pipa pembuangan air alat plambing
Pipa pembuangan yang menghubungkan perangkat alat plambing dengan pipa buangan lainnya ukuran pipa sama atau lebih besar dari ukuran lubang keluar perangkat alat plambing.
- b) Pipa cabang mendatar
Pipa pembuangan mendatar yang menghubungkan pipa buangan alat plambing dengan pipa tegak air buangan.
- c) Pipa tegak air buangan
Pipa untuk mengalirkan air buangan dari cabang-cabang mendatar.
- d) Pipa atau saluran pembuangan gedung
Pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air bekas, air kotor atau air hujan dari pipa-pipa tegak air buangan.
- e) Riol gedung
Pipa di halaman gedung yang menghubungkan pipa pembuangan gedung dengan riol umum.

2.3.6 Unit Beban Alat Plambing

Nilai unit beban alat plambing (UBAP) adalah metode untuk menetapkan nilai pada setiap alat saniter yang digunakan untuk perhitungan jumlah beban

pada pipa air limbah, pengering, dan ven, yang mana nilai tersebut juga bergantung dari jenis bangunan apakah pribadi, umum, atau tempat berkumpul (SNI:8153-2015).

Tabel 2.1 Unit Beban Alat Plambing untuk air limbah

Alat plambing atau kelompok alat plambing	Ukuran perangkap minimum (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul (UBAP)
Bak mandi atau kombinasi mandi/ <i>shower</i>	1½	2,0	2,0	-
Bidet	1¼	1,0	-	-
Bidet	1½	2,0	-	-
Mesin cuci pakaian, rumah tangga, pipa tegaks	2	3,0	3,0	3,0
Unit dental, peludahan	1¼	-	1,0	1,0
Mesin cuci piring rumah tangga dengan saluran sendiri ²	1½	2,0	2,0	2,0
Pancaran air minum atau alat pendingin air	1¼	0,5	0,5	1,0
Penggerus sisa makanan, komersial	2	-	3,0	3,0
Lubang pengering lantai, keadaan darurat	2	-	0,0	0,0
Lubang pengering lantai (untuk ukuran tambahan)	2	2,0	2,0	2,0
<i>Shower</i> , perangkap tunggal	2	2,0	2,0	2,0
Lavatori, tunggal	1¼	1,0	1,0	1,0
Lavatori, dalam set dua atau tiga	1½	2,0	2,0	2,0
<i>Washfountain</i>	1½	-	2,0	2,0
<i>Washfountain</i>	2	-	3,0	3,0
<i>Receptor</i> , buangan tidak langsung ^{1,3}	1½	Lihat catatan ^{1,3}		
<i>Receptor</i> , buangan tidak langsung ^{1,4}	2	Lihat catatan ^{1,4}		
<i>Receptor</i> , buangan tidak langsung ¹	3	Lihat catatan ¹		
Sink/bak				
Bar	1½	1,0	-	-
Bar 2	1½	-	2,0	2,0
Klinik	3	-	6,0	6,0
Komersial dengan sampah makanan ²	1½	-	3,0	3,0

Bak cuci dapur untuk rumah tangga ² dengan atau tanpa unit Penggerus sisa makanan, mesin cuci piring, atau keduanya	1½	2,0	2,0	-
<i>Laundry</i> ² (dengan atau tanpa pipa pelepas dari pencuci pakaian)	1½	2,0	2,0	2,0
Pelayanan atau bak pel	2	-	3,0	3,0
Pelayanan atau bak pel	3	-	3,0	3,0
Kran pencuci, setiap set kran	-	-	2,0	2,0
Urinal, perangkat terpadu 3,8LPF ²	2	2,0	2,0	5,0
Urinal, perangkat terpadu > 3,8LPF	2	2,0	2,0	6,0
Urinal, perangkat <i>exposed</i> ²	1½	2,0	2,0	5,0
Kloset, Tangki gelontor 6 LPF ₆	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, Tangki pembilas 6 LPF ₆	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, katup pembilas 6 LPF ₆	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, Tangki gelontor > 6 LPF ₆	3	4,0	6,0	8,0
Kloset, <i>flushometer</i> > 6 LPF ₆	3	4,0	6,0	8,0

Sumber : UPC 2012 - IAPMO tabel702.1

Catatan :

- 1) Reseptor air limbah tidak langsung harus didasarkan pada ukuran kapasitas perlengkapan air limbah total yang mengalir.
- 2) Minimum pipa pengering 2 inci (63 mm).
- 3) Untuk pendingin dan kebutuhan air yang sedikit untuk unit serupa.
- 4) Untuk sink komersial, mesin cuci piring, dan kebutuhan air yang banyak lainnya untuk unit serupa.
- 5) Bangunan yang mempunyai area pencucian pakaian dengan mesin cuci pakaian dengan tiga atau lebih harus dinilai pada 6 UBAP setiap peralatan untuk ukuran pipa horisontal dan vertikal.
- 6) Kloset harus dihitung sebagai 6 UBAP.

2.3.7 Beban maksimum unit alat plambing

Beban maksimum alat plambing yang diijinkan untuk alat plambing yang dapat dihubungkan pada tiap cabang pipa datar atau pipa tegak air limbah, saluran pembuangan (pipa horisontal) bangunan gedung, dan juga cabang saluran pembuangan bangunan gedung, pipa tegak dan ven ditentukan dari tabel berikut:

Tabel 2.2 Beban dan panjang maksimum plambing air limbah

Ukuran pipa (inci)	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12
Maksimum Unit											
Pipa air limbah ¹											
Vertikal/tegak (UBAP)	1	2 ²	16 ³	32 ³	48 ⁴	256	600	1380	3600	5600	8400
Horisontal (UBAP)	1	1	8 ³	14 ³	35 ⁴	216 ⁵	428 ⁵	720 ⁵	2640 ⁵	4680 ⁵	8200 ⁵
Panjang maksimum											
Pipa air limbah											
Vertikal/tegak (m)	14	18	37	55	65	91	119	155	229	-	-
Horisontal (tidak terbatas)											
Pipa ven											
Horisontal dan vertikal ⁶											
Maksimum Unit (UBAP)	1	8 ³	24	48	84	256	600	1380	3600	-	-
Panjang maksimum (m)	45	60	120	180	212	300	390	510	750	-	-

Sumber: UPC 2012 - IAPMO Tabel 703.2
Unit SI; 1 inci = 25 mm, 1 feet = 304,8 mm

Catatan:

- 1) Tidak termasuk lengan perangkap
- 2) Kecuali sink, urinal, dan mesin cuci piring – melebihi 1 UBAP
- 3) Kecuali enam unit perangkap atau kloset
- 4) Hanya empat kloset atau enam unit perangkap yang dibolehkan pada pipavertikal atau pipa tegak, dan tidak melebihi tiga kloset atau enam unit perangkap pada cabang horisontal pipa air limbah
- 5) Berdasarkan ¼ inci per foot (20,8 mm/m) kemiringan. Untuk ⅛ inci per foot (10,4mm/m) kemiringan, kalikan nilai UBAP horisontal dengan faktor 0,8.
- 6) Diameter pipa ven individu tidak boleh kurang dari 1¼ inci (32 mm) tidak juga kurang dari 1½ diameter pipa air limbah yang dihubungkan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian evaluasi sistem plambing ini dilaksanakan di Bandara Adi Soemarmo yang merupakan salah satu bandar udara Internasional yang ada di Indonesia. Bandara Adi Soemarmo terletak di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, Indonesia. Jarak Bandara Adi Soemarmo dari Kota Surakarta sekitar 14 km. Koordinat dari Bandara Adi Soemarmo terletak di 07°30'58"S, 110°45'25"E. Bandara Adi Soemarmo merupakan salah satu bandara yang memiliki prospek untuk dikembangkan dibandingkan bandara lainnya di Jawa Tengah seperti Bandara Ahmad Yani di kota Semarang dan Bandara Adi Sucipto di Daerah Istimewa Yogyakarta. (Purnama dan Yuliawati, 2017). Lokasi penelitian yang lebih tepatnya dilakukan pada gedung Terminal dan juga gedung penunjangnya (Stasiun Bandara).

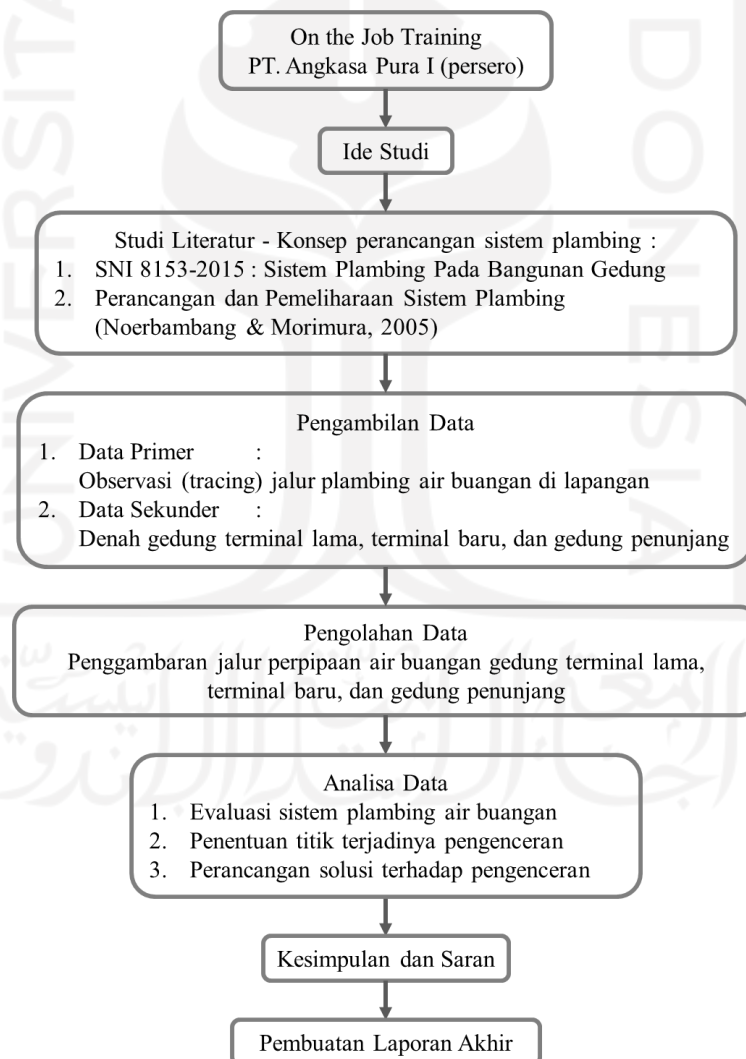


Gambar 3.1 Foto satelit Bandar Udara Adi Soemarmo

Penelitian dimulai dari pendaftaran OJT (*On the Job Training*), screening OJT, dan pembuatan kartu PAS bandara terlebih dahulu yang selesai pada bulan Juni 2021, lalu penelitian atau observasi di lapangan berjalan dari bulan Juni 2021 sampai dengan bulan Agustus 2021 yang dilakukan secara berkala.

3.2 Kerangka Pelaksanaan

Metode penelitian berupa survei lapangan yang dirancang sesuai dengan jenis penelitian komparatif. Berikut merupakan diagram alir kerangka pelaksanaan penelitian Evaluasi Sistem Plambing Air Buangan Bandara Adi Soemarmo:



Gambar 3.2 Diagram alir kerangka pelaksanaan

3.3 Uraian Kerangka Pelaksanaan

3.3.1 On the Job Training

OJT (*On the job Training*) pada divisi Airport Safety, Risk, And Performance Management di PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta, di bidang lingkungan. Tugas dari OJT tersebut adalah 2 poin PROPER yaitu:

1. memastikan terpisahnya aliran perpipaan air buangan dengan aliran perpipaan air hujan (drainase)
2. penentuan titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh air hujan beserta solusinya.

Karena tidak tersedianya sebagian besar gambar DED (*Detailed Engineering Design*) sistem plambing (perpipaan) air buangan eksisting gedung terminal dan stasiun bandara karena hilang, maka diperlukan penggambaran ulang *layout* jalur plambing eksisting.

3.3.2 Ide Penelitian

Ide penyusunan tugas akhir ini berdasarkan dari penugasan OJT di PT. Angkasa Pura I (persero), yang mana dapat dilaksanakan seiring dengan dikerjakannya evaluasi terhadap sistem plambing air buangan gedung terminal Bandar Udara Adi Soemarmo dengan acuan SNI 8153-2015.

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan mengumpulkan informasi yang berguna dalam memahami konsep serta memperoleh data penunjang untuk kegiatan evaluasi yang dilaksanakan berasal dari literatur. Studi literatur yang dikaji meliputi konsep perencanaan sistem plambing air buangan.

3.3.4 Pengambilan Data

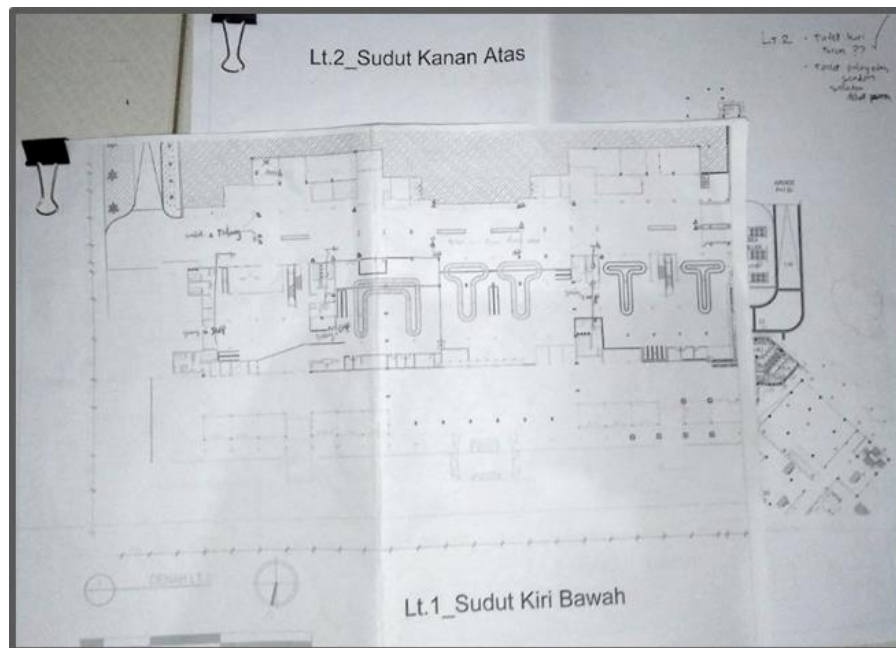
Metode pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1) Data Primer

Data primer yang dibutuhkan yaitu berupa gambar *layout* jalur plambing air buangan eksisting, yang di mana gambar tersebut tidak dalam posesi pihak Bandara, sehingga perlu dilakukannya observasi jalur dan jenis pipa plambing air buangan eksisting yang dilakukan secara langsung di lapangan. Observasi yang dilakukan yaitu dengan melacak (*tracing*) jalur perpipaan plambing air limbah eksisting secara langsung dari saniter sampai bak pengumpul yang berupa *Sewage pit* ataupun *Sewage pump* pada gedung terminal bandara dan gedung penunjangnya. Observasi dilaksanakan dengan dampingan mekanik dari pihak instansi PT. Angkasa Pura I (persero), dilengkapi dengan *print out* gambar denah atau *Layout* bangunan untuk pencatatan secara kasar jalur perpipaan yang nantinya akan disalin ke dalam aplikasi AutoCAD.

2) Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan untuk penelitian ini yaitu gambar denah atau *layout* gedung terminal secara keseluruhan (Terminal Lama, Terminal Baru, dan Stasiun Bandara) dan beberapa denah instalasi plambing air buangan yang mana hanya mencakup lavatory pada gedung bagian terminal baru. Gambar *layout* gedung terminal tersebut digunakan untuk dasar penggambaran jalur plambing air buangan eksisting, yang juga termasuk di dalamnya yaitu letak lavatory, jumlah alat saniter, dan letak shaft perpipaan. Selain itu juga beberapa data pendukung seperti tabel inventarisasi, jumlah pengunjung, dan semacamnya.



Gambar 3.3 *Print out* denah Gedung Terminal dan Gedung Penunjang

3.3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data penelitian berupa penggambaran jalur perpipaan air buangan eksisting yang didapatkan dari hasil *tracing* secara langsung, lalu disalin nya gambaran kasar pada *print out* tersebut ke gambar yang lebih akurat di aplikasi AutoCAD, dengan tujuan peningkatan akurasi, meminimalisir kesalahan gambar, menghemat waktu dan biaya, berkas atau file yang menjadi mudah dipindahkan maupun disalin, dan kemudahan dalam pengaturan ulang jika dibutuhkan.

3.3.6 Analisa Data

1). Evaluasi Sistem Plambing Air Buangan Gedung

Evaluasi kondisi eksisting sistem plambing air buangan eksisting dengan mengacu pada konsep perencanaan sistem plambing yang digunakan di Indonesia, yaitu SNI 8153-2015 tentang tata cara perencanaan sistem plambing bangunan. Dari hasil observasi secara langsung dan gambar *layout* jalur plambing air buangan eksisting yang telah disalin ke dalam format gambar AutoCAD, akan dilakukannya evaluasi sistem perpipaan plambing air buangan

dari alat saniter sampai *sewage pump* dengan acuan SNI 8153-2015, yang mana evaluasi tersebut meliputi jenis sistem plambing air buangan, beban unit alat plambing, dimensi perpipaan air buangan, dan jalur perpipaan air buangan.

2). Titik Pengenceran dan Solusinya

Analisis data dilanjutkan dengan penentuan titik terjadinya pengenceran air limbah oleh aliran air hujan yang dapat diketahui lokasi titiknya dari hasil observasi yang dilakukan saat pengambilan data. Pihak PT. Angkasa Pura I (persero) menduga ada terjadinya pengenceran dari timbulnya kelebihan debit air buangan limbah saat terjadi hujan, yang di mana hal tersebut bukanlah sistem buangan air hujan (drainase) yang direncanakan, dan hal tersebut juga dapat mengganggu kinerja pengolahan air limbah ataupun menyebabkan luapan air yang tidak diinginkan dari terjadinya *overflow* di *sewage pit* yang merupakan bak penampung air buangan dari instalasi plambing air kotor. Setelah diketahui jumlah titik dan letak pengenceran air limbah oleh aliran air hujan dari observasi yang telah dilakukan, dapat dilakukan perumusan solusi untuk mencegah terjadinya pengenceran berdasarkan dengan kondisi dilapangan dengan acuan SNI 8153-2015 dan buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing.

3.3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat setelah selesainya proses evaluasi, dengan tujuan memberikan uraian singkat, padat, dan jelas dari hasil evaluasi tersebut. Saran dibuat dengan tujuan memberi masukan pada permasalahan yang terjadi pada sistem plambing air buangan Bandar Udara Adi Soemarmo.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan dari penelitian evaluasi sistem plambing ini dilakukan sekaligus dengan penugasan OJT (*On the job Training*) dari PT Angkasa Pura I (Persero) Adi Soemarmo International Airport – Surakarta. Tugas dari OJT tersebut adalah 2 poin PROPER yaitu memastikan terpisahnya aliran perpipaan air buangan dengan aliran perpipaan air hujan (*drainase*), dan penentuan titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh air hujan beserta solusinya, dikarenakan juga adanya indikasi telah terjadinya pengenceran air buangan oleh air hujan dari bertambahnya debit air buangan disaat terjadinya hujan lebat.

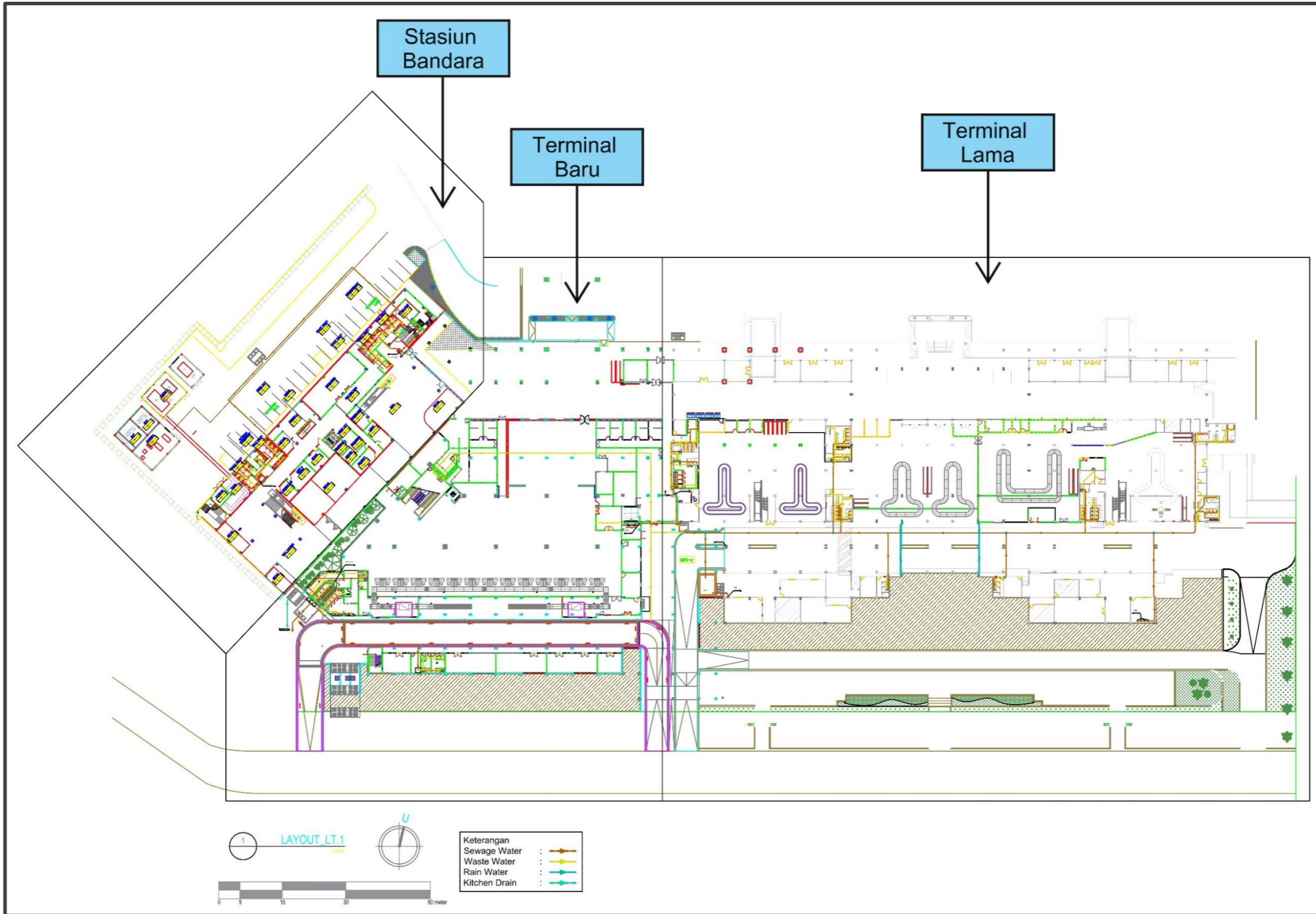
Penelitian dilaksanakan di Bandar Udara Adi Soemarmo pada bangunan gedung terminal lama, terminal baru, dan juga bagian bangunan pendukung yang berupa stasiun bandara. Bangunan terdiri dari 3 lantai yang mana tinggi masing-masing lantai dari lantai 1, 2, dan 3 secara berurutan tingginya yaitu 3½meter, 3½meter, dan 4meter, dengan sejumlah lavatori berukuran besar dan juga kecil yang totalnya berjumlah 12 lavatory. Sistem pembuangan air yang digunakan yaitu jenis sistem pembuangan campuran, dengan pengaliran air bekas (*grey water*) dan air kotor (*black water*) secara gravitasi, yang dikumpulkan ke dalam bak penampungan air buangan yang disebut dengan istilah *sewage pit* di lantai 1, setelah itu dipompakan menuju IPAL yang terletak diluar area gedung terminal. Berdasarkan hasil observasi, diperlukan adanya penggambaran ulang *layout* jalur pipa air buangan yaitu karena pihak bandara yang hanya mempunyai gambar DED (*Detailed Engineering Design*) instalasi plambing air buangan pada terminal baru lt. 1-3 saja, yang juga pada beberapa titiknya tidak sesuai dengan kondisi eksisting karena bukan denah instalasi terbaru.

4.1 Jalur Pipa Air Buangan

Sistem perpipaan air buangan di gedung ini dirancang dengan menggunakan sistem pembuangan air campuran, di mana air buangan *grey water* dan *black water* dikumpulkan ke dalam *sewage pit* ataupun *sewage pump* pada lantai paling bawah,

yang selanjutnya dipompakan keluar menuju IPAL Bandara yang terletak sekitar 300meter dari sisi barat daya gedung terminal yang hasil penggambaran *layout* jalur perpipaannya dicantumkan pada Lampiran 1-16. Sistem pengaliran air buangan yang digunakan yaitu pengaliran dengan sistem gravitasi, di mana air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke bak pengumpul yang dalam kasus ini berupa sewage pit yang letaknya lebih rendah. Air buangan dari lavatory terminal lama dan baru dipompa menuju ke IPAL dari aliran atau sewage pump yang berbeda, hal tersebut dikarenakan untuk saat penelitian ini dilaksanakan IPAL eksisting mengolah air buangan dari terminal baru dan terminal lama secara terpisah, sedangkan untuk sistem ven pada perpipaan air buangan di gedung ini digunakan sistem ven pelepas yang dipasang untuk melayani alat plambing lebih dari satu pada tempat khusus untuk menambah sirkulasi udara antara sistem pembuangan dan sistem ven, dengan dipasang satu pipa tegak ven pada tiap shaftnya.

Hasil dan pembahasan akan dimulai dari pemaparan dan pembahasan jalur perpipaan, dimensi perpipaan, lalu pembahasan masalah pengenceran. Sebelum masuk ke pembahasan jalur, berikut adalah gambar bagian-bagian dari gedung terminal untuk kejelasan konteks pembahasan setelahnya:



Gambar 4.1 Bagian-bagian Gedung Terminal Bandara

4.1.1 Gedung Terminal Lama

Jalur perpipaan air buangan pada gedung terminal lama ini dari setiap lavatory di lantai 3 sampai ke lantai 1 tidak dialirkan menjadi satu jalur pipa vertikal dalam satu shaft yang merupakan lubang yang menghubungkan antara satu lantai dengan lantai lain secara vertikal, melainkan pada bagian gedung ini pipa air buangan memiliki jalur yang berbeda tiap lavatory nya untuk menuju *sewage pump* di lantai bawah, dengan gambar jalur pipa yang dapat dilihat penggambarannya dari lantai 1 ke lantai 3 pada Lampiran 3, 4, 9, 10, 15, dan 16 (lavatory A dan B dari setiap lantai).

Pembahasan jalur dimulai dari lantai 3 terminal lama, dimana terdapat 2 kumpulan lavatory ditandai dengan 3-A (lampiran 15) dan 3-B (lampiran 16), pada lavatory 3-A pipa air buangan *grey water* dan *black water* disatukan ke dalam satu pipa dan dialirkan menuju lantai 2. Sedangkan pipa air buangan dari lavatory B dialirkan di satu pipa langsung menuju lantai 1, melalui shaft yang terletak pada sisi lift. Lantai 2 terdapat 2 kumpulan lavatory yang terkumpul di gambar 2-A sisi timur (lampiran 9) dan 2-B sisi barat (lampiran 10) terminal lama. Air Buangan dari Lavatory 2-A dialirkan menuju shaft yang turun ke ruang maintenance lantai 1, termasuk pipa air buangan dari lavatory A lantai 3. Air buangan Lavatory 2-B dialirkan ke shaft yang menuju lantai 1 dekat dengan *sewage pump* terminal lama dengan satu lavatory di sisi selatan mengalirkan air buangannya menuju *septic tank* tersendiri pada luar bangunan di sisi selatan gedung. Lantai 1 terminal lama terdapat 2 kumpulan lavatory. Air buangan dari kumpulan lavatory pada gambar 1-A (lampiran 3) sisi timur dialirkan ke *gutter* atau selokan air di sepanjang jalur *driveway*, termasuk 2 lavatory pegawai di sisi selatan *driveway* dan juga air buangan dari lantai 2 yang melalui ruang maintenance seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.2. Lavatory pada bagian timur pada gambar 1-B (lampiran 4) mengalirkan air buangannya sebagian masuk ke *gutter* dan masuk ke Sewage Pump, sedangkan sebagian lagi masuk ke *sewage pit* terlebih dahulu sebelum dipompakan ke *sewage pump*.



Gambar 4.2 Pipa air buangan pada Ruang Maintenance

Berdasarkan dari hasil observasi, untuk kumpulan lavatory gedung terminal lama di sisi timur (1-A, 2-A, dan 3-A), walaupun tidak terdapatnya pipa tegak atau shaft, namun jalur perpipaan tersebut dilengkapi dengan ven yang berarti masih ada akses udara luar untuk jaringan perpipaan tersebut, sehingga jalur tersebut masih diperbolehkan tanpa adanya shaft untuk ketinggian gedung tersebut. Namun terdapat titik kekurangan pada sistem jalur pipa air buangan yang dinilai tidak aman, yaitu pada jalur yang melalui ruang maintenance seperti gambar 4.2 diatas, karena dapat dilihat jika perpipaan air buangan tersebut menggantung di langit-langit ruangan dan terletak berdekatan dengan kabel listrik beserta panel listrik. Buku Plambing (Noerbambang dan Morimura, 2005) menjelaskan jika perpipaan plambing setidaknya terletak 30cm dari kabel listrik yang terbuka untuk menghindari korosi elektronik terhadap pipa, dan juga selain itu dari letak komponen elektrikal yang berada dibawah pipa sehingga sangat berpotensi terjadi korsleting listrik jika adanya kebocoran. Kumpulan lavatory terminal lama di sisi barat atau 1-B (lampiran 4) sudah sesuai kriteria untuk jalur perpipaan air buangannya, tetapi ditemukan pipa talang vertikal yang ikut masuk ke dalam *sewage pit* yang seharusnya hanya menampung beban air kotor dan air bekas saja. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya pengenceran air buangan oleh air hujan yang juga dapat berujung meluapnya *sewage pit* tersebut.

Jalur perpipaan plambing air buangan pada gedung terminal lama dinilai belum memenuhi kriteria sistem plambing air buangan. Diperlukan adanya

perbaiki jalur pipa air buangan yang melewati ruang maintenance beserta perubahan pipa talang vertikal yang menyimpang dari sistem drainase utama.

4.1.2 Gedung Terminal Baru

Jalur pipa air buangan dari lavatory utama di terminal baru ini dialirkan dengan pipa terpisah antara *grey water* dan *black water* dialirkan dengan jalur memusat menuju shaft yang menghubungkan dari lantai 3 ke lantai 1 secara vertikal dan berakhir menjadi satu (tercampur) ke dalam *sewage pump* terminal baru yang terletak di sisi barat daya gedung.

Lantai 3 terminal baru terdapat lavatory utama (lampiran 17), dengan dilengkapi 1 lavatory bagi penyandang kebutuhan khusus, dan tempat wudlu di samping lavatory utama tersebut. Air buangan *grey water* dan *black water* dialirkan secara terpisah menuju shaft sampai lantai 1. Lantai 2 (lampiran 11) hanya terdapat lavatory utama seperti di lantai 3 dengan jalur perpipaan air buangan yang sama menuju lantai 1 melalui shaft. Lantai 1 (lampiran 5) terdapat lavatory utama yang sama seperti lantai 2 dan 3 dengan jalur perpipaan yang sama dengan pipa air buangan dari shaft dialirkan menuju *sewage pump* terminal baru. Lantai 1 Terminal Baru juga dilengkapi tempat wudlu yang terletak di sisi utara terminal yang dimana air buangannya (*grey water*) dialirkan menuju *sewage pit* pada bagian gedung terminal lama dan juga bercabang dengan jalur *gutter* atau selokan terminal baru dan berakhir di *sewage pump* terminal baru. Selain itu juga terdapat lavatory kecil bagi karyawan di bagian steril lantai 1 di sisi selatan, yang air buangannya dialirkan dalam satu pipa masuk ke aliran pipa buangan di *gutter* dan menuju *sewage pump* yang selanjutnya dipompa menuju IPAL yang dapat dilihat gambarnya lebih jelas pada Lampiran 5.

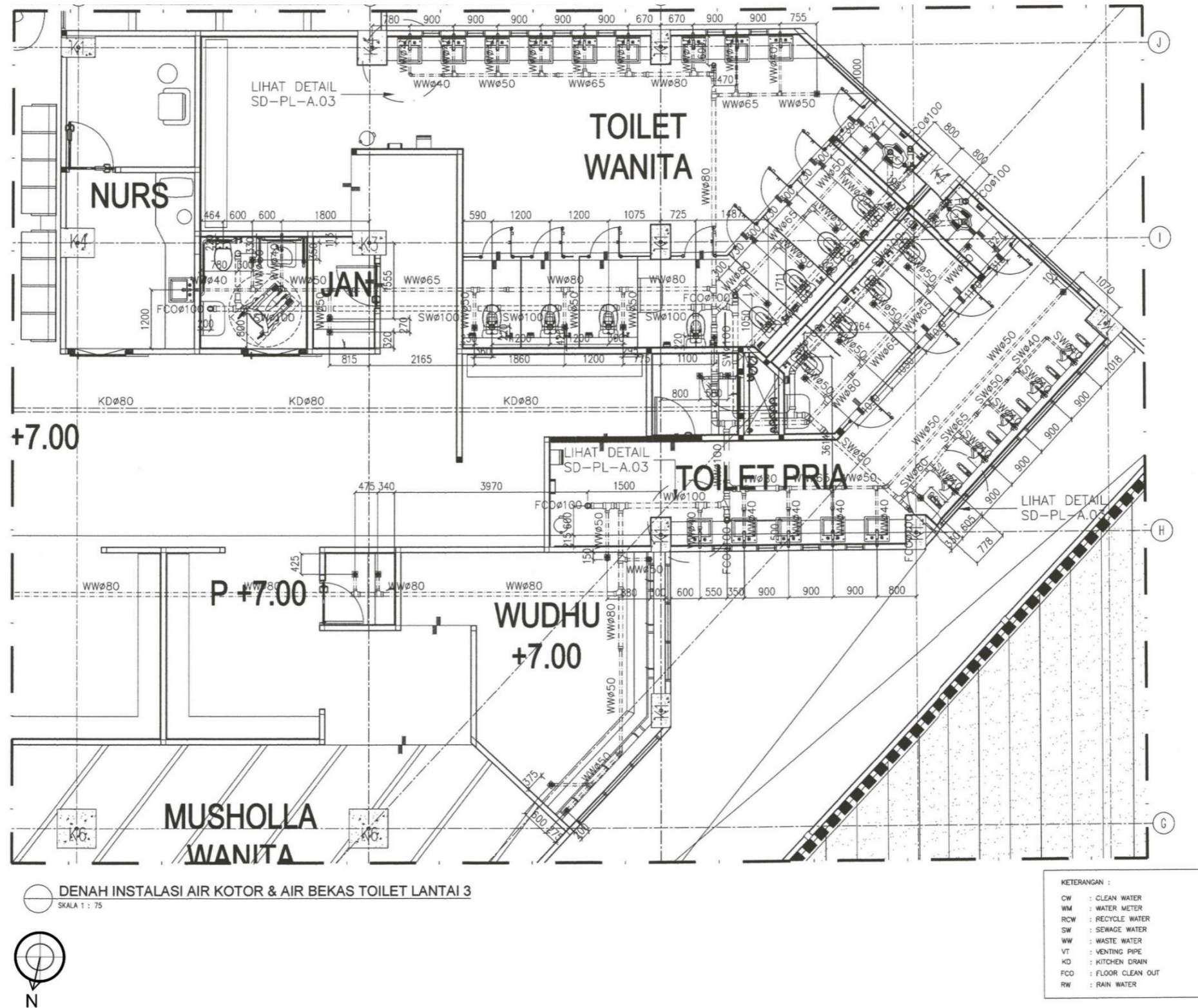
Jalur perpipaan air buangan pada terminal baru ini dinilai sudah memenuhi kriteria dan tidak adanya permasalahan selama operasional, dengan terdapatnya 1 shaft yang dipasang memanjang secara vertikal keatas dari lantai dasar dengan pintu shaft di tiap lantainya sampai ke atap menampung jalur utama pipa vertikal mulai dari air bersih, *grey water*, *black water*, kitchen drain, dan pipa ven menuju *sewage pump* dan dipompa menuju IPAL bandara.

4.1.3 Stasiun Bandara

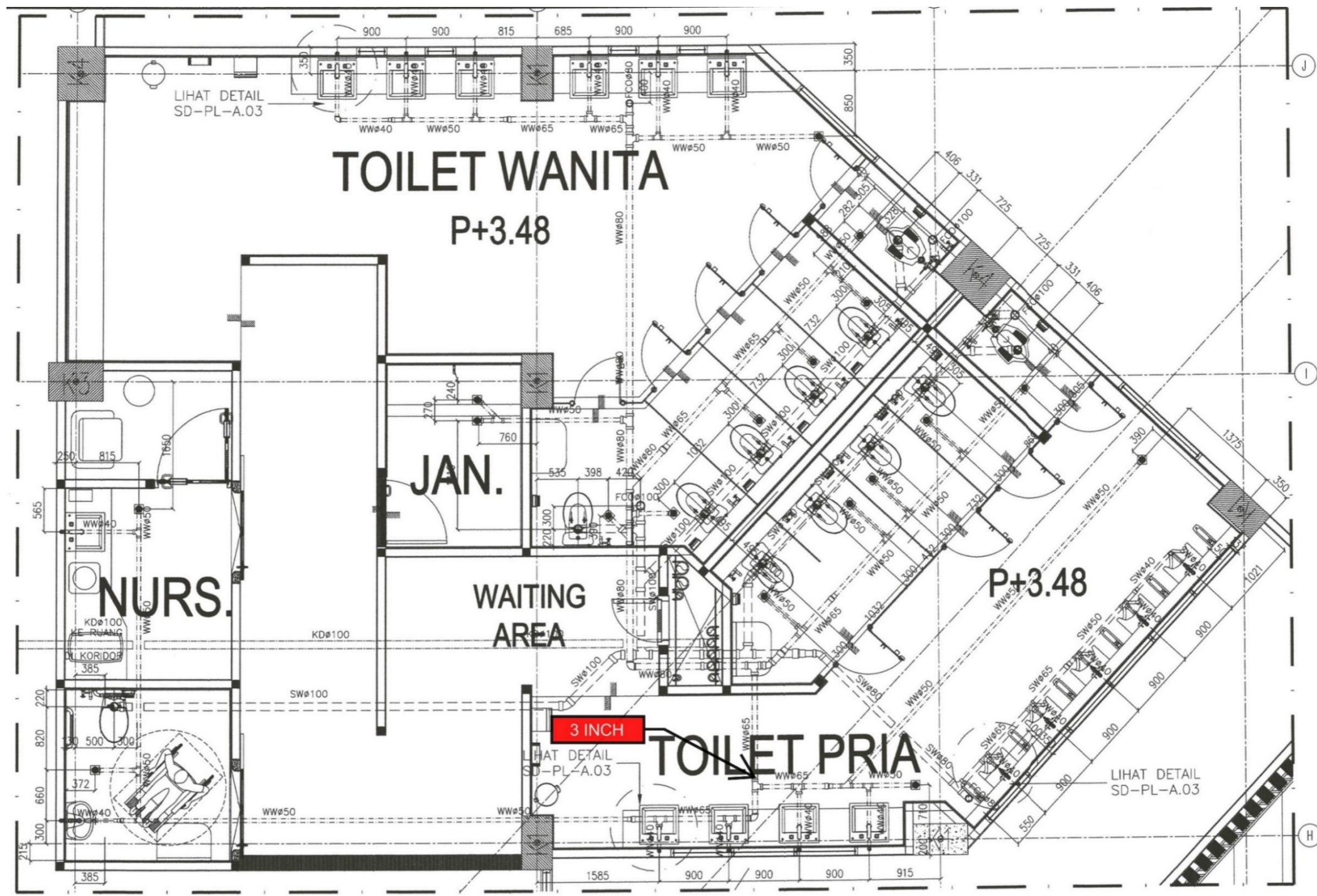
Jalur pipa air buangan dari setiap lavatory di stasiun bandara ini dialirkan secara tercampur antara *grey water* dan *black water* dengan jalur memusat menuju dua shaft yang menghubungkan dari lantai 3 ke lantai 1 secara vertikal, dan dari kedua shaft tersebut dialirkan keluar gedung menuju *sewage pit* yang terletak di sisi barat gedung bersebelahan dengan tempat parkir. Lantai 3 stasiun (lampiran 18) hanya terdapat 1 lavatory kecil yang dimana pipa air buangannya dialirkan menuju shaft terdekat. Lantai 2 (lampiran 12) terdapat dua lavatory berukuran kecil dan besar yang masing-masing jalur pipa air buangannya dialirkan menuju shaft terdekat. Lantai 1 (lampiran 6) terdapat 2 lavatory besar yang masing-masing pipa air buangannya juga dialirkan menuju shaft terdekat, dan dari kedua shaft tersebut dialirkannya air buangan dalam masing-masing satu pipa menuju *sewage pit* untuk air buangan stasiun bandara.

Jalur perpipaan air buangan di dalam stasiun bandara juga dinilai sudah memenuhi kriteria, tetapi ujung jalur sistem pembuangan stasiun bandara ini yang dinilai kurang maksimal karena jalur berakhir pada *sewage pit* stasiun bandara tanpa dilanjutkan menuju IPAL Bandara, yang diasumsikan *sewage pit* tersebut berfungsi seperti *septic tank*, dimana air buangan tersebut nantinya akan diangkut keluar secara berkala.

4.2 Dimensi Perpipaan Air Buangan



Gambar 4.3 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 3



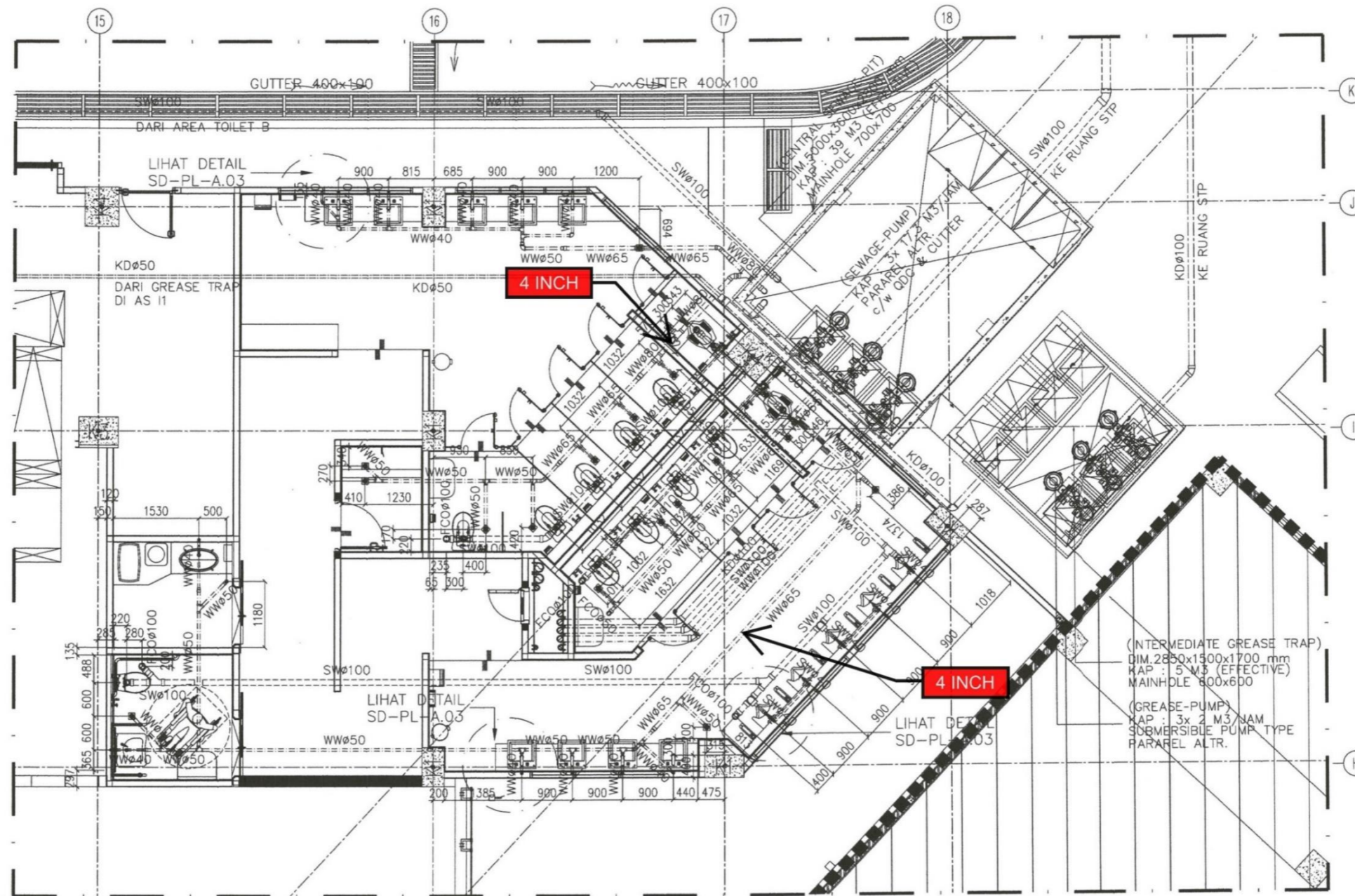
○ DENAH INSTALASI AIR KOTOR & AIR BEKAS TOILET LANTAI 2
SKALA 1 : 50



KETERANGAN :

CW	: CLEAN WATER
WM	: WATER METER
RCW	: RECYCLE WATER
SW	: SEWAGE WATER
WW	: WASTE WATER
VT	: VENTING PIPE
KD	: KITCHEN DRAIN
FCO	: FLOOR CLEAN OUT
RW	: RAIN WATER

Gambar 4.4 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 2



DENAH INSTALASI AIR KOTOR & AIR BEKAS TOILET LANTAI 1
SKALA 1 : 75



KETERANGAN :

CW	: CLEAN WATER
WM	: WATER METER
RCW	: RECYCLE WATER
SW	: SEWAGE WATER
WW	: WASTE WATER
VT	: VENTING PIPE
KD	: KITCHEN DRAIN
FCO	: FLOOR CLEAN OUT
RW	: RAIN WATER

Gambar 4.5 Denah instalasi pipa air buangan lavatory Terminal Baru Lt. 1

Pembahasan dimensi perpipaan air buangan pada penelitian ini meliputi diameter pipa dan panjang pipa vertikal yang digunakan pada perpipaan air buangan *grey water* dan *black water* eksisting dari hasil observasi dan dibandingkan dengan SNI 8153-2015 sebagai acuan untuk dilakukannya evaluasi. Salah satu lavatory dipilih untuk mewakili lavatory lain dalam pengevaluasian dimensi perpipaan air buangan dari lantai 3 sampai lantai 1 dan menuju sewage pump. Lavatory terminal baru dipilih sebagai perwakilan karena data untuk diameter pipa hanya terlengkapi pada lavatory tersebut, selain itu letaknya yang sejajar di tiap lantai sehingga mempermudah pembacaannya, dan juga dari segi tanggungan beban air limbahnya yang lebih besar dibandingkan lavatory lain sehingga dapat mewakili dimensi pipa air buangan eksisting dari diameter terkecil sampai diameter terbesar pada bangunan.

4.2.1 Unit Beban Alat Plumbing

Pengevaluasian ukuran diameter perpipaan didahului dengan penentuan terlebih dahulu besar beban unit alat plumbing dari setiap alat plumbing pada jalur yang telah ditetapkan. Nilai unit beban alat plumbing (UBAP) untuk air limbah ini dapat dilihat berikut pada tabel perhitungan UBAP air buangan lavatory Terminal Baru dari lantai 3 sampai lantai 1:

Tabel 4.1 UBAP air buangan lavatory Terminal Baru

LANTAI 3				
No	Alat Plumbing	UBAP (umum)	Jumlah Alat	Akumulasi UBAP
BLACK WATER (SW)				
Toilet Pria				
1	Urinal	2,0	5	10,0
2	Kloset	4,0	5	20,0
3	Floor Drain	2,0	1	2,0
Toilet Wanita				
4	Kloset	4,0	9	36,0
Nursery				
5	Kloset	4,0	1	4,0
Total UBAP pada Shaft				72,0
GREY WATER (WW)				
Toilet Pria				
6	Sink	2,0	5	10,0
7	Floor Drain	2,0	6	12,0
Toilet Wanita				
8	Sink	2,0	9	18,0
9	Floor Drain	2,0	10	20,0
Nursery				
10	Sink	2,0	2	4,0
11	Floor Drain	2,0	1	2,0
R. Janitor				
12	Floor Drain	2,0	4	8,0
Tempat Wudlu				
13	Floor Drain	2,0	9	18,0
Total UBAP pada Shaft				92,0

LANTAI 2				
No	Alat Plumbing	UBAP (umum)	Jumlah Alat	Akumulasi UBAP
BLACK WATER (SW)				
Toilet Pria				
1	Urinal	2,0	5	10,0
2	Kloset	4,0	5	20,0
Toilet Wanita				
4	Kloset	4,0	6	24,0
Nursery				
5	Kloset	4,0	1	4,0
Total UBAP pada Shaft				58,0
GREY WATER (WW)				
Toilet Pria				
6	Sink	2,0	4	8,0
7	Floor Drain	2,0	7	14,0
Toilet Wanita				
8	Sink	2,0	6	12,0
9	Floor Drain	2,0	7	14,0
Nursery				
10	Sink	2,0	2	4,0
11	Floor Drain	2,0	2	4,0
R. Janitor				
12	Floor Drain	2,0	2	4,0
Total UBAP pada Shaft				60,0

LANTAI 1				
No	Alat Plumbing	UBAP (umum)	Jumlah Alat	Akumulasi UBAP
BLACK WATER (SW)				
Toilet Pria				
1	Urinal	2,0	5	10,0
2	Kloset	4,0	5	20,0
Toilet Wanita				
4	Kloset	4,0	6	24,0
Nursery				
5	Kloset	4,0	1	4,0
Total UBAP pada Shaft				58,0
GREY WATER (WW)				
Toilet Pria				
6	Sink	2,0	4	8,0
7	Floor Drain	2,0	7	14,0
Toilet Wanita				
8	Sink	2,0	5	10,0
9	Floor Drain	2,0	7	14,0
Nursery				
10	Sink	2,0	2	4,0
11	Floor Drain	2,0	1	2,0
R. Janitor				
12	Floor Drain	2,0	2	4,0
Total UBAP pada Shaft				56,0

4.2.2 Evaluasi Dimensi Perpipaan Air Buangan

Evaluasi dimensi perpipaan dapat dilakukan setelah diketahui jumlah UBAP yang dilanjutkan dengan dilakukannya perbandingan diameter pipa air buangan eksisting dengan maksimum UBAP yang diperbolehkan untuk ditampung, sehingga didapatkan minimal diameter perpipaan dan juga panjang maksimum untuk pipa vertikal yang diperbolehkan sebagai pengevaluasian perpipaan plambing air buangan. UBAP Maksimum ditentukan dengan mengacu dari SNI 8153-2015 yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 untuk beban dan panjang maksimum dari perpipaan air limbah. Berikut merupakan tabel hasil evaluasi diameter pipa air buangan eksisting untuk lavatory terminal baru dari lantai 3 sampai lantai 1:

Tabel 4.2 Evaluasi diameter pipa air buangan

LANTAI 3				LANTAI 2				LANTAI 1			
Jalur Plambing	Akumulasi UBAP	Diameter Minimal (Inci)	Diameter Eksisting (Inci)	Jalur Plambing	Akumulasi UBAP	Diameter Minimal (Inci)	Diameter Eksisting (Inci)	Jalur Plambing	Akumulasi UBAP	Diameter Minimal (Inci)	Diameter Eksisting (Inci)
BLACK WATER (SW)				BLACK WATER (SW)				BLACK WATER (SW)			
Toilet Pria (Horizontal)				Toilet Pria (Horizontal)				Toilet Pria + Nursery (Horizontal)			
Saluran Urinal (+1 FD)	12,0	3	3	Saluran Urinal	10,0	2,5	3	Saluran Urinal + Kloset Nursery	14,0	3	4
Saluran Kloset	20,0	4	4	Saluran Kloset	20,0	4	4	Saluran Kloset	20,0	4	4
Toilet Wanita + Nursery (Horizontal)				Toilet Wanita + Nursery (Horizontal)				Toilet Wanita (Horizontal)			
Saluran Kloset	40,0	4	4	Saluran Kloset	28,0	4	4	Saluran Kloset	24,0	4	4
Shaft (Saluran Vertikal)	72,0	4	4	Shaft (Saluran Vertikal + Lt. 3)	130,0	4	4	GREY WATER (WW)			
GREY WATER (WW)				GREY WATER (WW)				Toilet Pria + Nursery (Horizontal)			
Toilet Pria + Tempat Wudlu (Horizontal)				Toilet Pria + Nursery (Horizontal)				Toilet Wanita + R. Janitor (Horizontal)			
Saluran Sink & Floor Drain	40,0	4	4	Saluran Sink & Floor Drain	30,0	3	2,5	Saluran Sink & Floor Drain	28,0	3	2,5
Toilet Wanita + Nursery + R. Janitor (Horizontal)				Toilet Wanita + R. Janitor (Horizontal)				Saluran Sink & Floor Drain			
Saluran Sink & Floor Drain	52,0	4	4	Saluran Sink & Floor Drain	30,0	3	3	Saluran Sink & Floor Drain	28,0	4	3
Shaft (Saluran Vertikal)	92,0	4	4	Shaft (Saluran Vertikal + Lt. 3)	152,0	4	4				

Tabel 4.2 hasil evaluasi diatas menunjukkan jika terdapat tiga jaringan pipa horisontal yang diameternya kurang dari diameter minimal, sedangkan untuk jaringan perpipaan yang lain sudah memenuhi kriteria sesuai standar. Untuk lantai 2 yang mana jaringan pipa buangan grey water pada saluran yang menampung beban dari sink dan floor drain di toilet pria seperti pada Gambar 4.4 diatas, terdapat pipa dengan diameter 65mm atau 2½inci yang mana menampung UBAP sebesar 20, sedangkan berdasarkan dari SNI di Tabel 2.2 untuk pipa buangan horisontal berdiameter 2½inci maksimal menampung beban UBAP sebesar 14 saja, sehingga diameter yang seharusnya terinstal pada titik tersebut adalah pipa dengan diameter 3inci atau 76,2mm~80mm hingga masuk ke pipa vertikal di shaft. Sedangkan di lantai 1, diameter pipa buangan yang ditunjuk pada Gambar 4.5 diatas yaitu terdapat pada pipa grey water (WW) di toilet pria yang juga menampung beban grey water dari ruang nursery dan toilet wanita yang juga menampung beban grey water dari ruang janitor. Pipa yang ditunjuk pada Gambar 4.5 bagian toilet wanita (sisi atas atau selatan) merupakan pipa buangan grey water berdiameter 80mm atau 3inci yang menampung UBAP sebesar 14 dari 7 unit perangkat floor drain, yang jika dibandingkan dengan SNI untuk pipa buangan horisontal berdiameter 3inci maksimal menampung beban UBAP sebesar 35, yang berarti diameter pipa eksisting tersebut sudah memenuhi kriteria, namun dari catatan pada Tabel 2.2 disebutkan jika ukuran pipa tersebut tidak melebihi tiga kloset atau enam unit perangkat pada cabang horisontal pipa air limbah, sehingga diameter pipa yang seharusnya terinstal adalah ukuran 4inci atau 101,6mm~100mm sampai masuk ke sewage pump. Lalu untuk di bagian toilet pria (sisi bawah gambar) pada Gambar 4.5 pipa yang ditunjuk pada gambar merupakan pipa grey water (WW) berukuran 2½inci atau 65mm yang menampung UBAP sebesar 16 dari 6 sink dan 2 floor drain, yang mana menurut SNI 8153 seharusnya pipa air buangan horisontal tersebut berukuran 4inci atau 101,6mm~100mm sampai masuk ke sewage pump karena menampung lebih dari 6 unit perangkat walaupun hanya terbebani 16 UBAP.

Jalur pipa vertikal air buangan pada lavatory terminal baru dimulai dari shaft lantai 3, turun sejauh 7 meter sampai dasar shaft lantai 1 tanpa menanggung beban lavatory lantai 1, dan setelahnya dialirkan menuju bak di sewage pump terminal baru. Jika dibandingkan dengan SNI pada Tabel 2.2 maka panjang pipa vertikal masih jauh berada dibawah batas maksimal untuk ukuran pipa 4 inci atau 100 mm yang memiliki batas maksimal 91 meter. Pengecilan diameter pipa untuk air buangan tidak diperbolehkan karena saluran air buangan tidak boleh penuh, namun harus terdapat juga aliran udara setidaknya 1/3 terhadap penampang pipa dengan kecepatan aliran 0,6 – 1,2 m/detik untuk menghindari penyumbatan (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa terdapat 3 pipa grey water horisontal pada lavatory lantai 2 dan lantai 1 yang dimana diameter pipanya kurang dari minimal yang diperbolehkan, sehingga dinilai belum memenuhi kriteria dari SNI 8153-2015. Sedangkan untuk pipa air buangan vertikal pada shaft sudah memenuhi kriteria.

4.3 Pengenceran air limbah oleh air hujan

Aliran pipa air buangan gedung terminal lama diduga adanya pengenceran oleh limpasan air hujan, yang mana dugaan tersebut berdasarkan peningkatan secara drastis debit air limbah di saat adanya hujan berdasarkan keterangan dari pihak PT. Angkasa Pura 1 (persero), dan juga keterangan dari pegawai maintenance yang mana pernah terjadinya luapan air limbah pada sewage pit di terminal lama saat terjadi hujan di lokasi. Setelah dilakukannya observasi dan juga keterangan dari pihak bandara, dapat disimpulkan jika perencanaan untuk sistem penyaluran air hujan pada gedung terminal ini adalah sistem penyaluran air hujan terpisah yang dialirkan vertikal dari atap sampai lantai dasar secara terpisah pada suatu jaringan pengumpul sehingga tidak adanya kontaminasi oleh air limbah. Aliran limpasan air hujan tersebut dikumpulkan pada saluran horisontal di sepanjang driveway di lantai dasar yang selanjutnya dipompa ke arah timur dari bangunan terminal menuju kolam penampungan.

Sistem drainase eksisting jika berdasarkan observasi tidak memungkinkan adanya pencampuran aliran air hujan ke dalam aliran air buangan (*grey water* dan *black water*) yang disengaja. Namun setelah dilakukan *tracing* dari lokasi terjadinya peluapan air buangan dari *sewage pit* terminal lama, ditemukan satu jalur pipa aliran air hujan (drainase) yang memiliki diameter pipa lebih kecil dibandingkan ukuran pipa drainase lainnya di *driveway*, yang mana pipa tersebut diletakkan tersembunyi di dalam plafon pada sudut ruangan di sisi utara dari *sewage pit* terminal lama.

Gambar *layout* jalur perpipaan pada Lampiran 4 menunjukkan adanya satu titik pengenceran penyebab meluapnya *sewage pit* terminal lama dan peningkatan debit air limbah secara signifikan yang mengganggu kinerja IPAL. Terletak menempel pada salah satu kolom ruangan di sisi utara *sewage pit*, jalur alirannya yaitu turun setingkat dengan perpipaan air buangan dan menuju ke dalam *sewage pit* terminal lama tersebut, yang mana diperuntukkan untuk menampung beban air buangan dari lavatory lantai 3 dan lavatory lantai 1 untuk selanjutnya di pompa ke *sewage pump* dan menuju ke IPAL. Adanya penambahan debit air limpasan hujan yang masuk ke dalam *sewage pit* akan sangat berisiko terjadinya *overflow* atau luapan pada *sewage pit* tersebut, terutama di saat hujan lebat, selain itu juga risiko debit berlebih bagi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dapat menyebabkan tidak optimal-nya operasional.

4.3.1 Perhitungan Debit Pengenceran

Debit pengenceran dapat diketahui dari debit timbulan air buangan pada gedung terminal lama dan juga debit air tampungan drainase air hujan (talang) yang masuk ke dalam *sewage pit* terminal lama yang merupakan titik pengenceran terjadi. Berikut merupakan tabel data inventarisasi sumber air limbah Bandar Udara Adi Soemarmo pada Januari 2021:

Tabel 4.3 Inventarisasi sumber air limbah

Identifikasi Sumber Air Limbah	Sumber Air Limbah						
	1	2	3	4	5	6	7
Nama Sumber Air Limbah	Terminal Bandara Lama	Terminal Bandara Baru	Stasiun Kereta Api Bandara	Gedung Administrasi	Gedung PK-PPK	Gedung Power House	Lavatory Pesawat
Lokasi / Koordinat	S: 07 30 49 E: 110 45 02	S: 07 30 49 E: 110 44 54	S: 07 30 48 E: 110 44 52	S: 07 30 42 E: 110 44 51	S: 07 30 45 E: 110 45 15	S: 07 30 46 E: 110 45 06	S: 07 30 49 E: 110 45 40
Diolah di unit pengolahan ALI	YA	YA	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
Dipantau / Tidak dipantau	Dipantau	Dipantau	Tidak Dipantau	Dipantau	Tidak Dipantau	Tidak Dipantau	Tidak Dipantau
Debit (M3/Day)	44	12	1,6	1,4	0,6	0,2	2
Jumlah Produksi (Pax/Year) - Basic 2019	1723338						
Keterangan	STP - Extended Aeration Modification	STP - Extended Aeration Modification	Aeration Septictank	Septictank	Septictank	Septictank	Pounding

IPAL Wajib Sparing

: Tidak

Boyolali, 29 Januari 2021

Debit timbulan pada terminal lama diketahui dari tabel 4.3 diatas sebesar $44\text{m}^3/\text{hari}$ atau 44.000 Liter/hari , yang dimana alirannya masuk terlebih dahulu ke sewage pit terminal lama dimana merupakan titik terjadinya pengenceran, sebelum dipompa ke IPAL bandara.

Perhitungan debit limpasan air hujan pada gedung terminal lama dengan atap seluas 10.800m^2 sebagai luas penampang dan intensitas hujan mencapai 80 mm per jam dihitung dengan persamaan metode rasional sebagai berikut:

$$Q = C \times I \times A$$

Keterangan:

Q = Debit air hujan

C = Koefisien limpasan lahan perkantoran daerah sekitar kota (Asdak, 2004)

I = Intensitas hujan (Saputro, 2019)

A = Luas atap

Maka,

$$\begin{aligned} Q &= 0,7 \times 80\text{mm/jam} \times 10.800\text{m}^2 \\ &= 0,08\text{ m/jam} \times 7.560\text{m}^2 = 604,8\text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 10,08\text{ m}^3/\text{menit} = 0,168\text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Debit limpasan air hujan pada atap terminal lama ditemukan yaitu sebesar 0,168 m³/detik, sedangkan untuk pipa talang vertikal pada gedung tersebut terdapat 15 buah pipa tegak buangan air hujan berukuran 4inci, dan juga pipa tegak air hujan yang menyimpang berukuran 2inci, yang mana jika di persentasi kan maka sebesar 97% atau 0,163 m³/detik limpasan air hujan ditampung oleh 15 pipa jaringan utama drainase air hujan gedung terminal dan 3% sisanya ditampung oleh pipa air hujan yang menyimpang. Sehingga ditemukan debit air hujan yang menjadi pengencer di tampungan air black water dan grey water pada sewage pit terminal lama yaitu **0,005m³/detik** atau 5 liter/detik.

Pengenceran yang ditemukan dari hasil observasi dan pembahasan sebelumnya merupakan permasalahan yang harus segera diperbaiki, maka pembahasan selanjutnya akan fokus pada solusi untuk pipa talang vertikal yang menyimpang agar tidak lagi masuk tercampur dengan aliran air buangan.

4.3.2 Pengubahan Jalur Pipa Drainase

Berdasarkan pengamatan pada sebagian data (gambar) denah instalasi plambing air buangan yang tersedia dan juga keterangan dari pihak Bandara, jalur pipa talang (limpasan air hujan) vertikal menyimpang yang dapat dilihat di Lampiran 4 bukan merupakan sistem buangan air hujan (drainase) yang direncanakan di awal, dengan alasan terdapatnya jalur pipa tersebut yang belum dapat diketahui. Karena satu jalur pipa talang tersebut merupakan satu-satunya penyebab masalah pengenceran terjadi, maka diperlukannya solusi untuk mencegah terjadinya pengenceran tersebut.

Pengubahan jalur terhadap pipa talang yang menyimpang dipilih sebagai cara atau solusi terhadap masalah pengenceran karena dinilai metode yang paling ekonomis, jika dibandingkan dengan metode lain seperti pembongkaran beserta perancangan ulang jalur pipa talang tersebut dari atap. Sedangkan jika hanya ditutupnya jalur pipa talang tersebut akan ditakutkan potensi meluapnya limpasan air hujan di atap gedung, walaupun hal tersebut hanya berupa asumsi karena keterbatasan data untuk sistem drainase gedung terminal bandara yang juga merupakan batasan ruang lingkup penelitian ini.

Hasil gambar pengubahan jalur pipa talang yang menyimpang dapat dilihat pada Lampiran 22-25. Jadi pada pengubahan jalur limpasan air hujan yang menyimpang dimana diameter pipanya 2inci ini, dialihkan jalurnya mulai dari plafon atap lantai 1 menuju ke driveway dan menuju jalur utama pipa talang vertikal yang terletak ditengah *driveway* menempel pada kolom, lalu mengarah turun masuk kedalam sistem drainase utama, dan dipompakan ke arah timur gedung menuju kolam penampungan. Dengan pengubahan jalur pipa talang tersebut maka diharapkan tidak ada lagi limpasan air hujan yang masuk pada jalur air buangan di *sewage pit* terminal lama.



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan terkait Evaluasi Sistem Plumbing Air Buangan Di Bandar Udara Adi Soemarmo Berdasarkan SNI 8153-2015 adalah sebagai berikut:

1. Penggambaran kondisi eksisting *layout* jalur sistem plumbing air buangan di Gedung Terminal Bandar Udara Adi Soemarmo ditemukan jika hanya bagian Terminal Bandara Lama yang jalur perpipaan air buangannya dinilai tidak sesuai kriteria karena terlalu berdekatan dengan komponen elektrik dan terdapat pengenceran air buangan oleh air hujan, dengan penggambaran-nya yang dicantumkan pada Lampiran 1 – 18.
2. Hasil evaluasi jalur perpipaan air buangan Gedung Terminal Bandara ditemukan jika jalur perpipaan air buangan khususnya pada Terminal Bandara Lama saja yang belum memenuhi kriteria, dan hasil evaluasi dimensi perpipaan air buangan yang diwakilkan oleh lavatory Terminal Bandara Baru ditemukan 3 pipa *grey water* horisontal (Gambar 4.4 dan 4.5) yang ukurannya masih dibawah minimal kriteria SNI 8153-2015.
3. Titik terjadinya pengenceran aliran air buangan oleh aliran air hujan yaitu terletak pada 1 titik di *Sewage Pit* gedung Terminal Bandara Lama (Lampiran 4), yang mana direkomendasikan untuk pengubahan jalur pipa talang vertikal yang menyimpang dari sistem drainase utama (Lampiran 23-25) sebagai solusi pencegahan akan terjadinya pengenceran terhadap air limbah atau air buangan.

5.2 Saran

Saran atau masukan yang dapat diberikan kepada PT. Angkasa Pura 1 (persero) terkait jaringan perpipaan plambing air buangan gedung terminal bandara dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

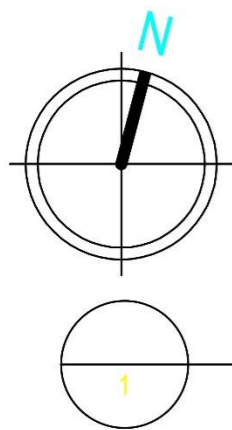
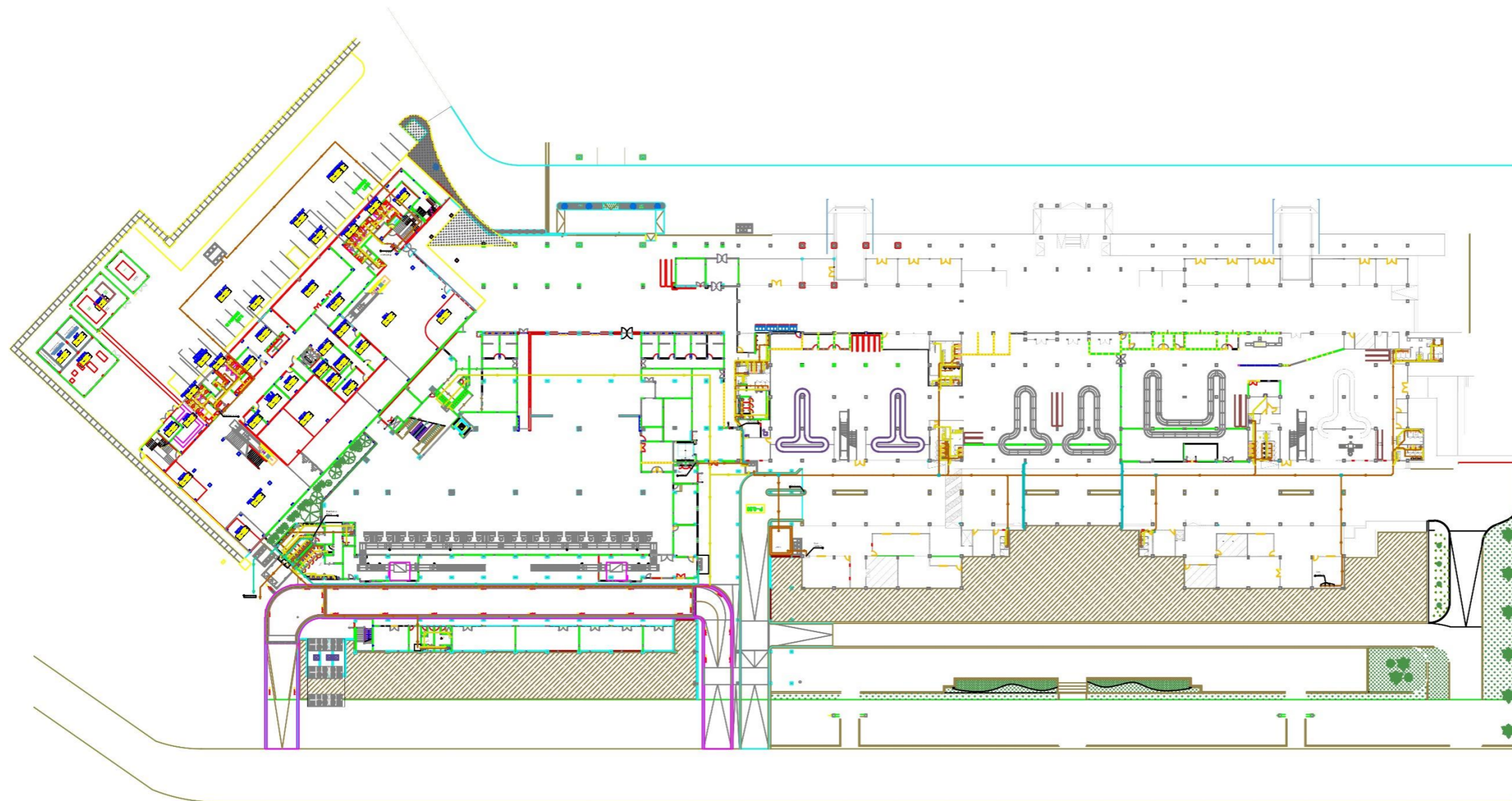
1. Dilakukan penggambaran ulang DED (*Detailed Engineering Design*) instalasi plambing air buangan pada keseluruhan gedung terminal, karena gambar yang tersedia pada waktu penelitian ini dilakukan kurang lengkap dan kurang akurat jika dibandingkan kondisi eksisting di lapangan.
2. Pengubahan jalur pipa air buangan yang melewati ruang maintenance agar tidak terlalu berdekatan dengan komponen elektrikal.
3. Pengubahan jalur pipa talang (limpasan air hujan) vertikal yang menyimpang agar dialihkan menuju jaringan pipa buangan air hujan utamanya sehingga tidak terjadinya pengenceran air limbah oleh air hujan pada sewage pit terminal lama.
4. Pengecekan ulang dan perbaikan terhadap diameter perpipaan air buangan horisontal dari keseluruhan lavatory gedung terminal agar memenuhi standar yang berlaku dan menghindari kerusakan ataupun hal-hal lain yang tidak diinginkan.
5. Penambahan jalur perpipaan air buangan keluar dari sewage pit stasiun bandara agar dialirkan menuju IPAL bandara agar terjaganya kebersihan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2004). **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Badan Standarisasi Nasional (2000). SNI 03-6481: **Sistem Plambing**.
- Badan Standarisasi Nasional (2015). **SNI 8153: Sistem Plambing pada Bangunan Gedung**.
- BPS Provinsi Jawa Tengah. (2016). **Perkembangan Statistik Transportasi Jawa Tengah Bulan Oktober 2016**. BPS Provinsi Jawa Tengah.
- BPS Provinsi Jawa Tengah. (2017). **Perkembangan Statistik Transportasi Jawa Tengah Bulan Desember 2016**. BPS Provinsi Jawa Tengah.
- Claudia Wendland (2010). **Sustainable and Cost-effective Wastewater System**. WECF e. v. Germany.
- Joel A. Tarr. (2009). **The Separate vs. Combined Sewer Problem**. Sage Journal. 55. 130-135.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2014). **Kriteria Teknis Prasarana dan Sarana Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018). **Pedoman Perencanaan Teknik Terinci: SPALD-T**, Buku A. Jakarta.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (2011). **Informasi Geo-Spasial Transportasi**. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Khaliq, A. (2015). **Analisis Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Kelurahan Kelayan Luar Kawasan IPAL Pekapuran Raya PD PAL Kota Banjarmasin**. Jurnal POROS TEKNIK, Volume 7 No. 1.
- Kodoatie., & Robert J. (2002). **Hidrolika terapan: aliran pada saluran terbuka dan pipa**. Yogyakarta: Andy
- Nelson J.G. Carrico (2014). **A case study of rainfall derived infiltration and inflow of a separate sanitary sewer system**. Jornadas de Hidráulica. 2. 4-5.
- Noerbambang, Soufyan dan Takeo, Moh Morimura. (2005). **Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing**. Jakarta, PT Pradnya Paramita.
- PT. Angkasa Pura I (Persero). (2018). **Our-History**. diakses dari (<https://ap1.co.id/id/about/our-history>), pada tanggal 12 September 2021, pukul 06.00.

- PT Angkasa Pura I (Persero). (2021). **Inventarisasi Sumber Air Limbah**. Jasa Kebandarudaraan. Boyolali. Jawa tengah.
- Pynkyawati, Theresia dan Shirley Wahadamaputera. (2015). **Utilitas Bangunan Modul Plumbing**. Jakarta, Griya Kreasi.
- Saputro, Riyan Agung, Gurawan Djati W, S. T, M. Eng, dan Ir. Achmad Karim Fatchan, MT. (2019) **Evaluasi Unjuk Kerja Jaringan Drainase di Daerah Ngesrep, Ngeplak, Boyolali**. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sara De Toffol (2006). **Sewer System Performance Assessment – An Indicators Based Methodology**. Water Science & Technology. 54. 6-7.
- Simangunsong, S. dan Daryanto. (2003). **Teknologi Plumbing**. Cetakan Pertama. Bayumedia Publishing. Malang.
- Solomon Seyoum. (2016). **Type of Sewer System**. UNESCO-IHE.
- Tawakal, Afrizal Ilham. (2018). **Perencanaan Jaringan Perpipaan Air Limbah Pencucian Lokomotif di PT. KAI (Persero) UPT. Balai Yasa Yogyakarta**. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN



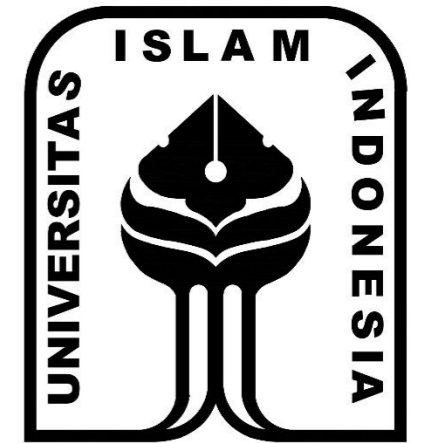
- Keterangan
- Sewage Water :
 - Waste Water :
 - Rain Water :
 - Kitchen Drain :



Terminal Lt. 1

1 : 1000

Lampiran 1. Lantai 1



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 1

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

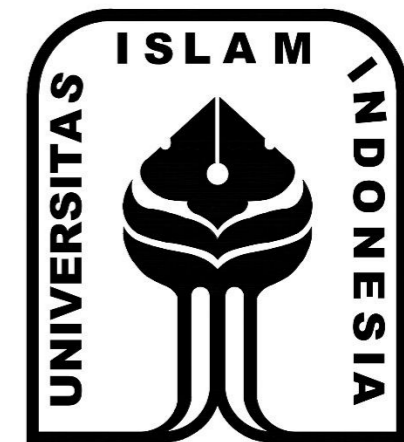
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 1000

NO. GAMBAR

1



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Pembagian Lavatory
Lantai 1

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

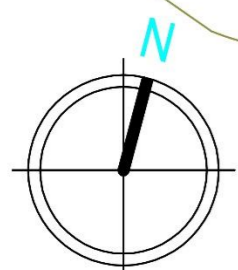
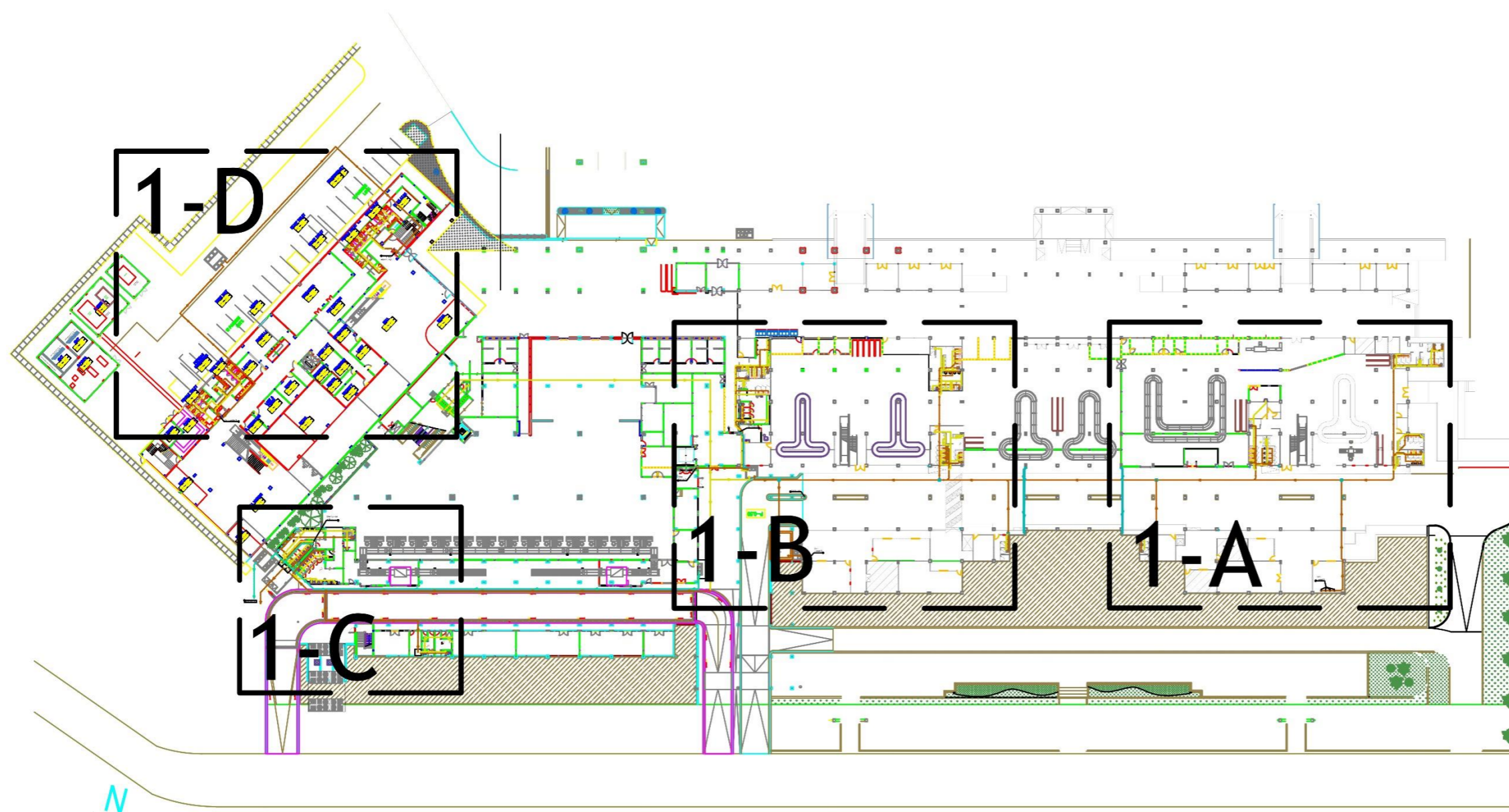
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

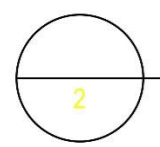
NO. GAMBAR

1 : 1000

2

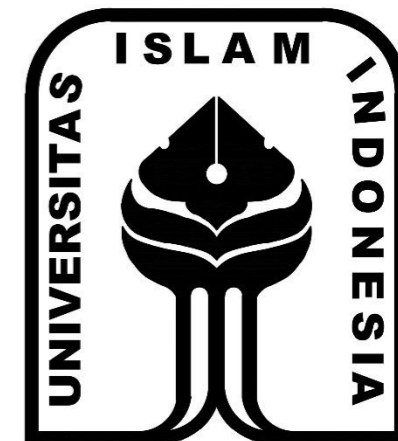
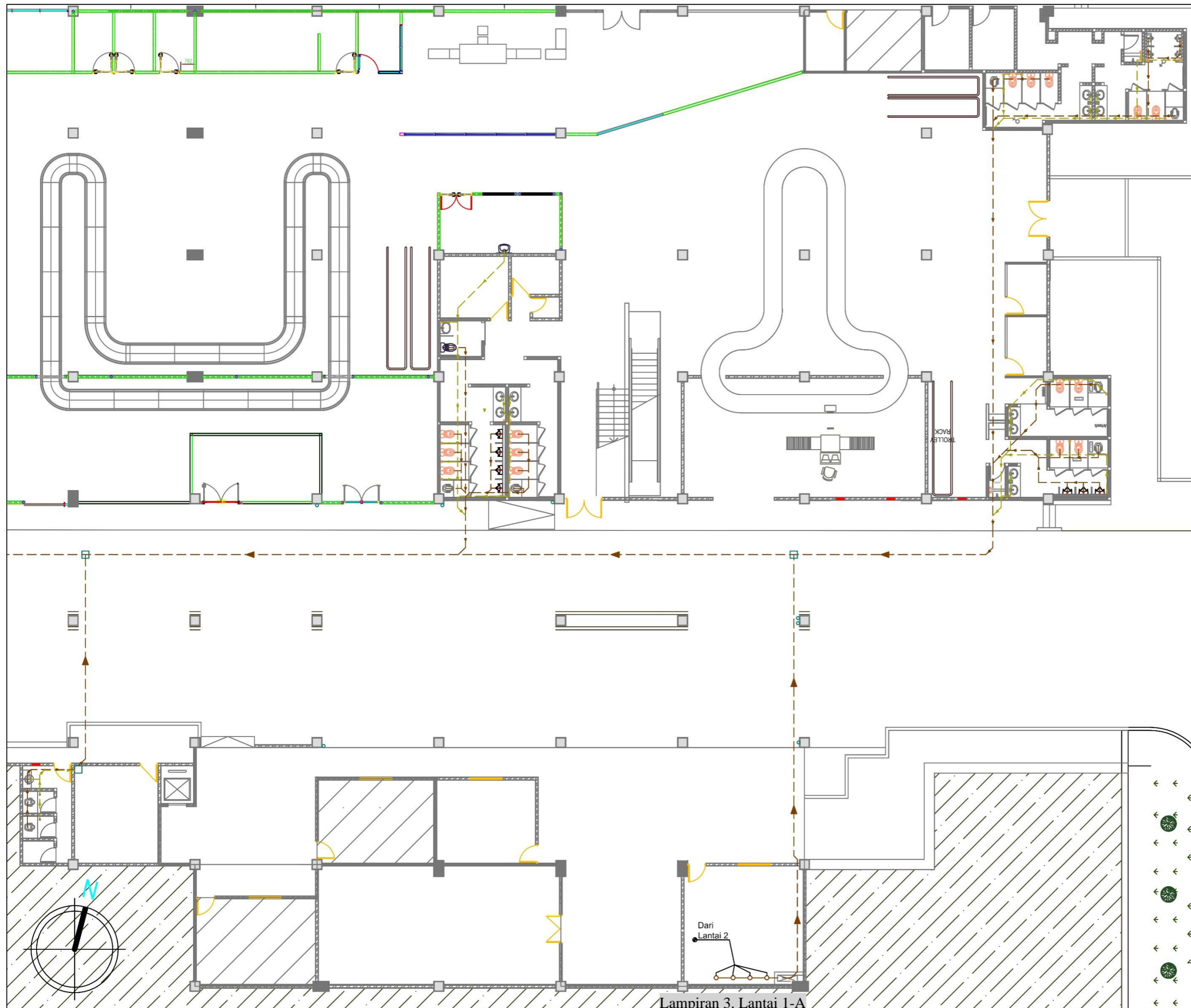


- Keterangan
- Sewage Water : —
 - Waste Water : —
 - Rain Water : —
 - Kitchen Drain : —



Terminal Lt. 1

1 : 1000



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 1 - A

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

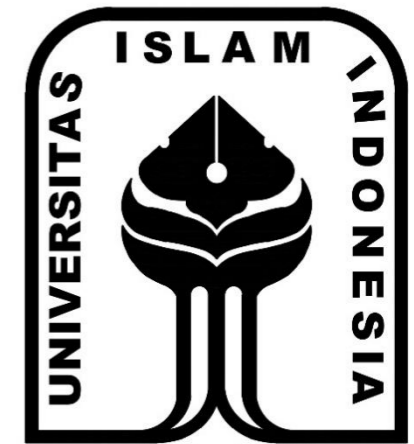
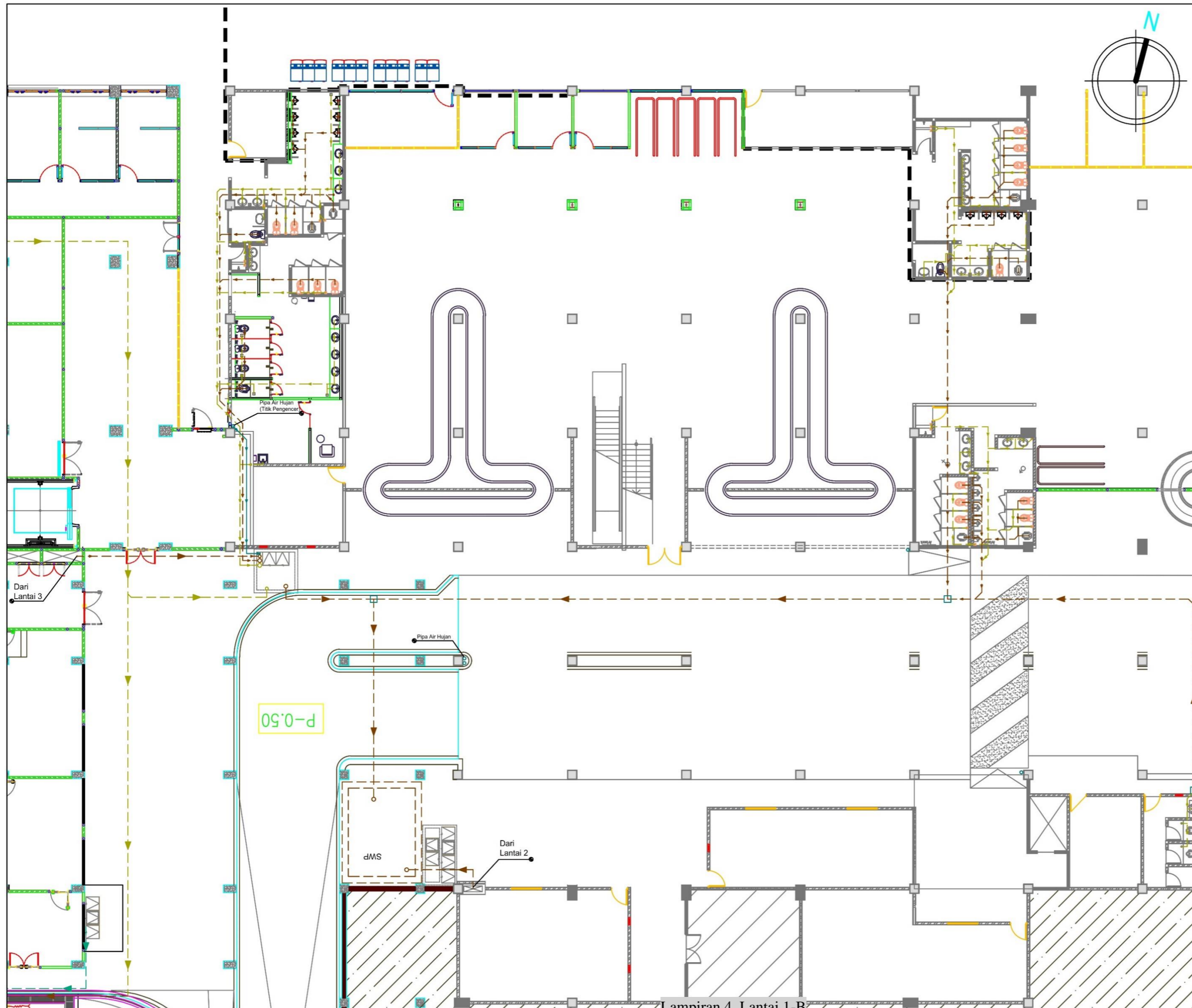
SKALA

1 : 150

NO. GAMBAR

3

Lampiran 3. Lantai 1-A



الإسلامية
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 1 - B

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

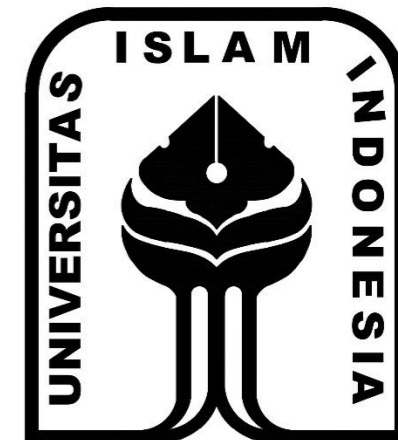
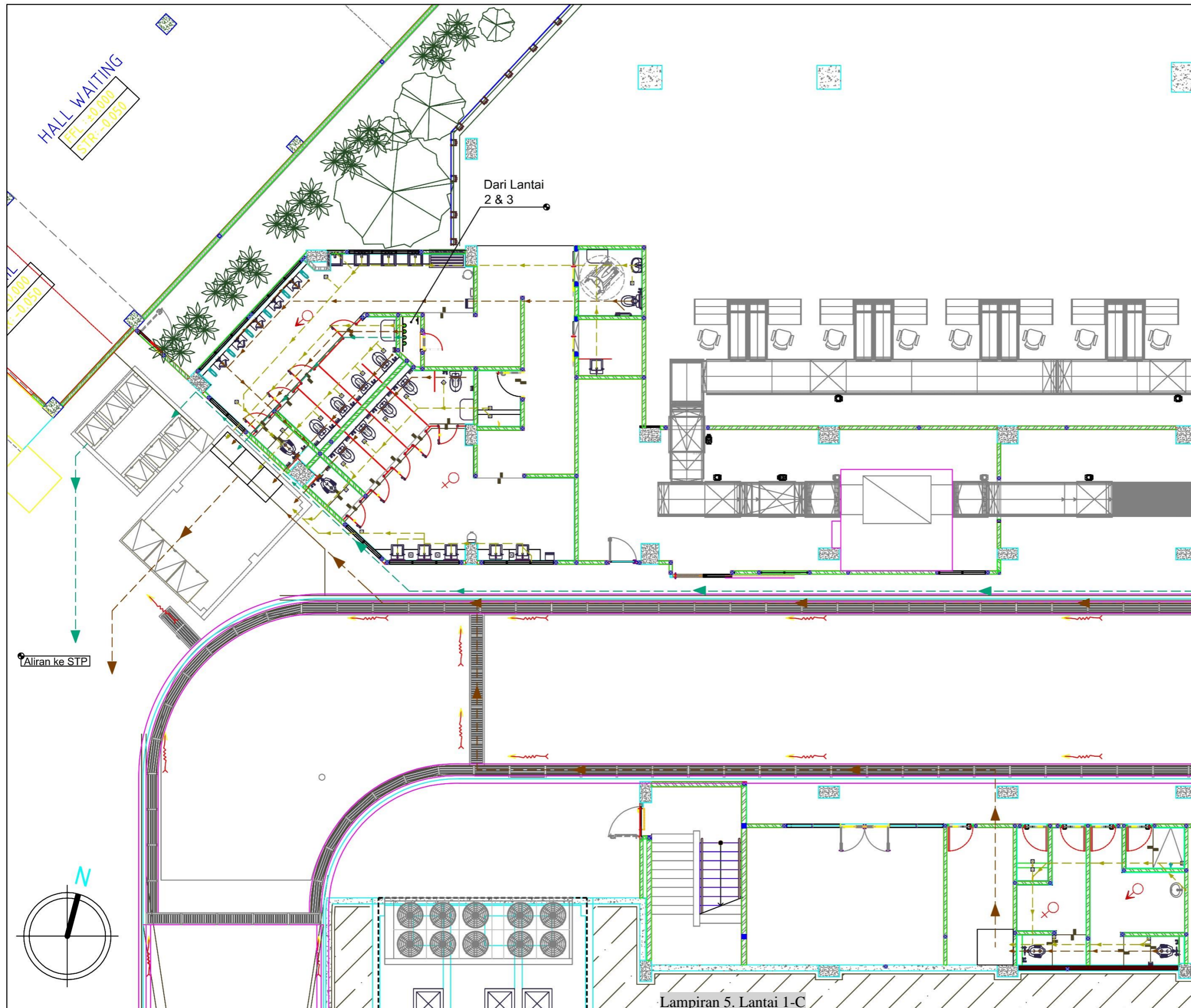
SKALA

1 : 200

NO. GAMBAR

4

Lampiran 4. Lantai 1-B



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 1 - C

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

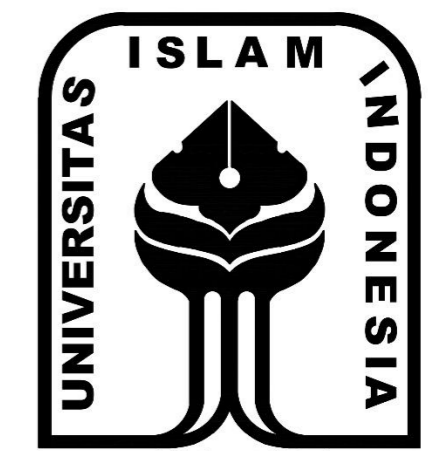
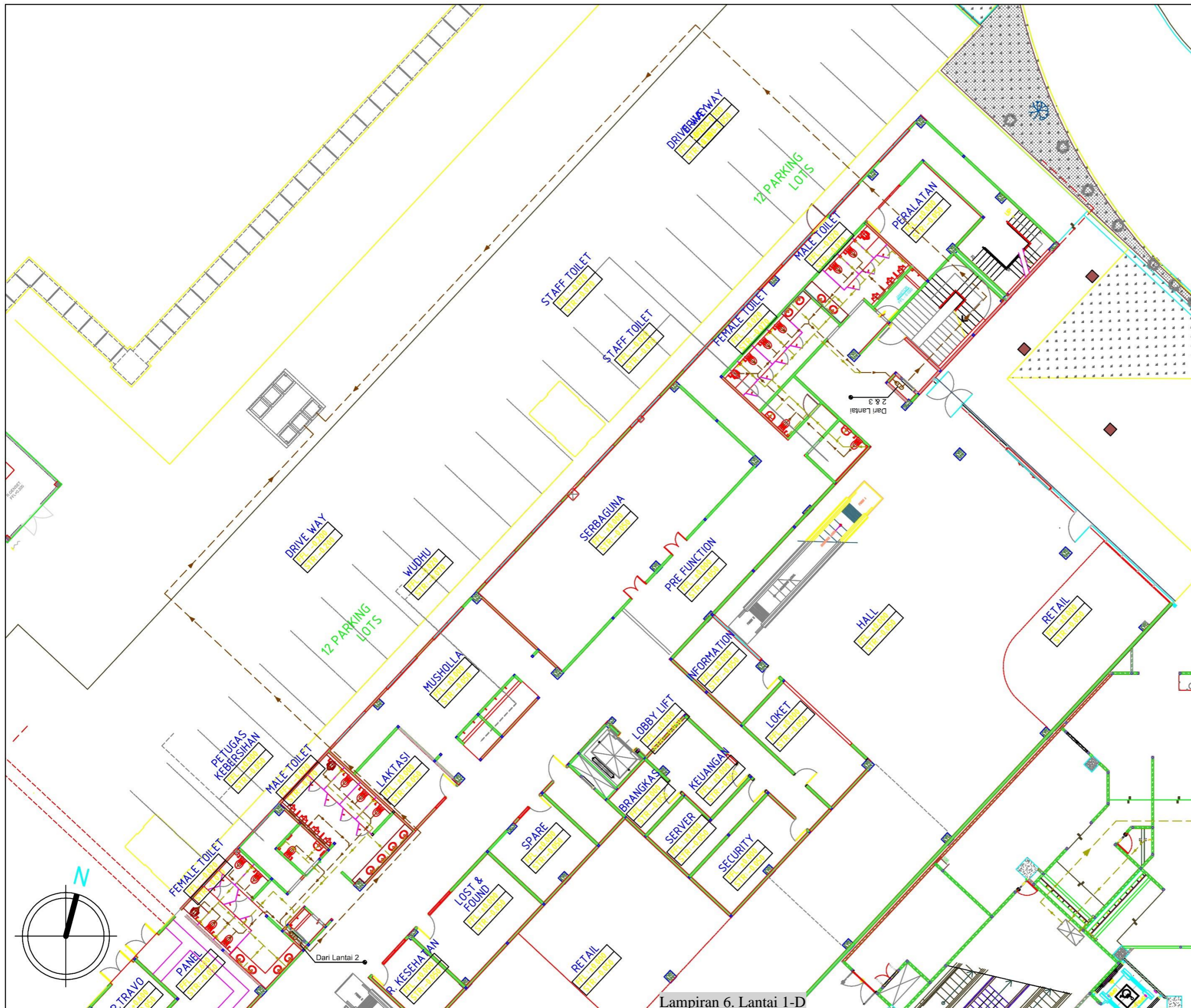
SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR

5

Lampiran 5. Lantai 1-C



الجامعة الإسلامية
INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 1 - D

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angka Pura 1 (persero)

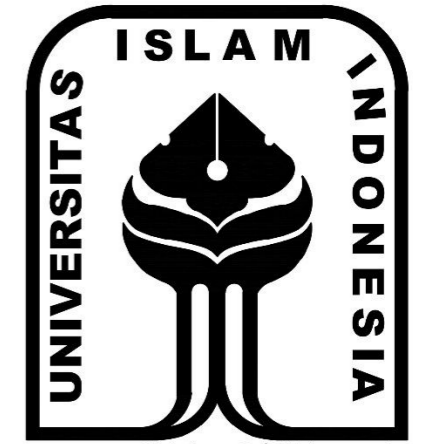
SKALA

1 : 200

NO. GAMBAR

6

Lampiran 6. Lantai 1-D



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 2

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulistyono, S.T., M.Sc.

PROJECT

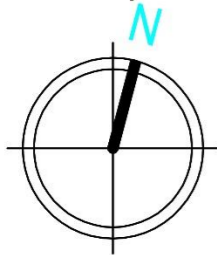
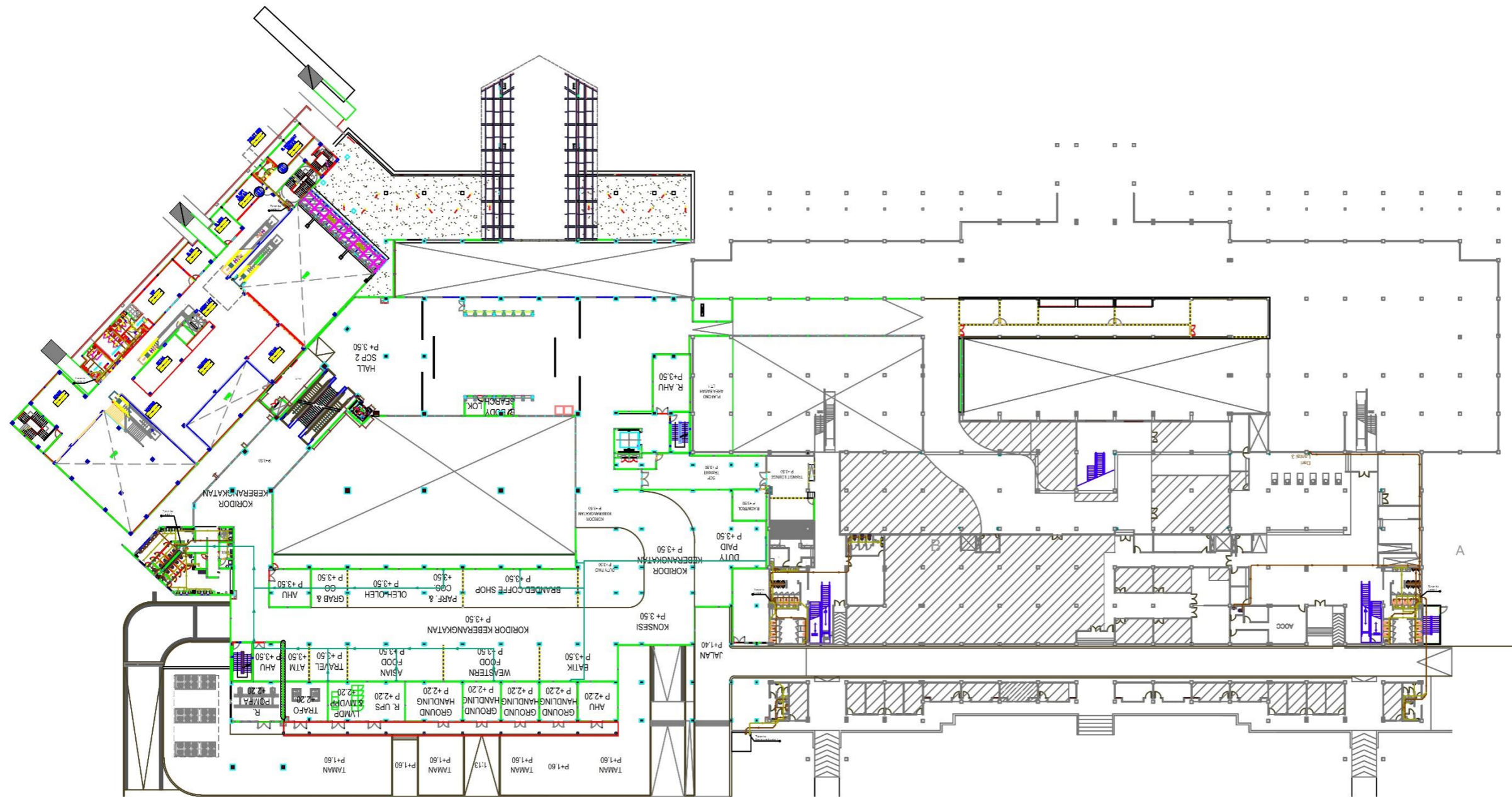
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 1000

NO. GAMBAR

7

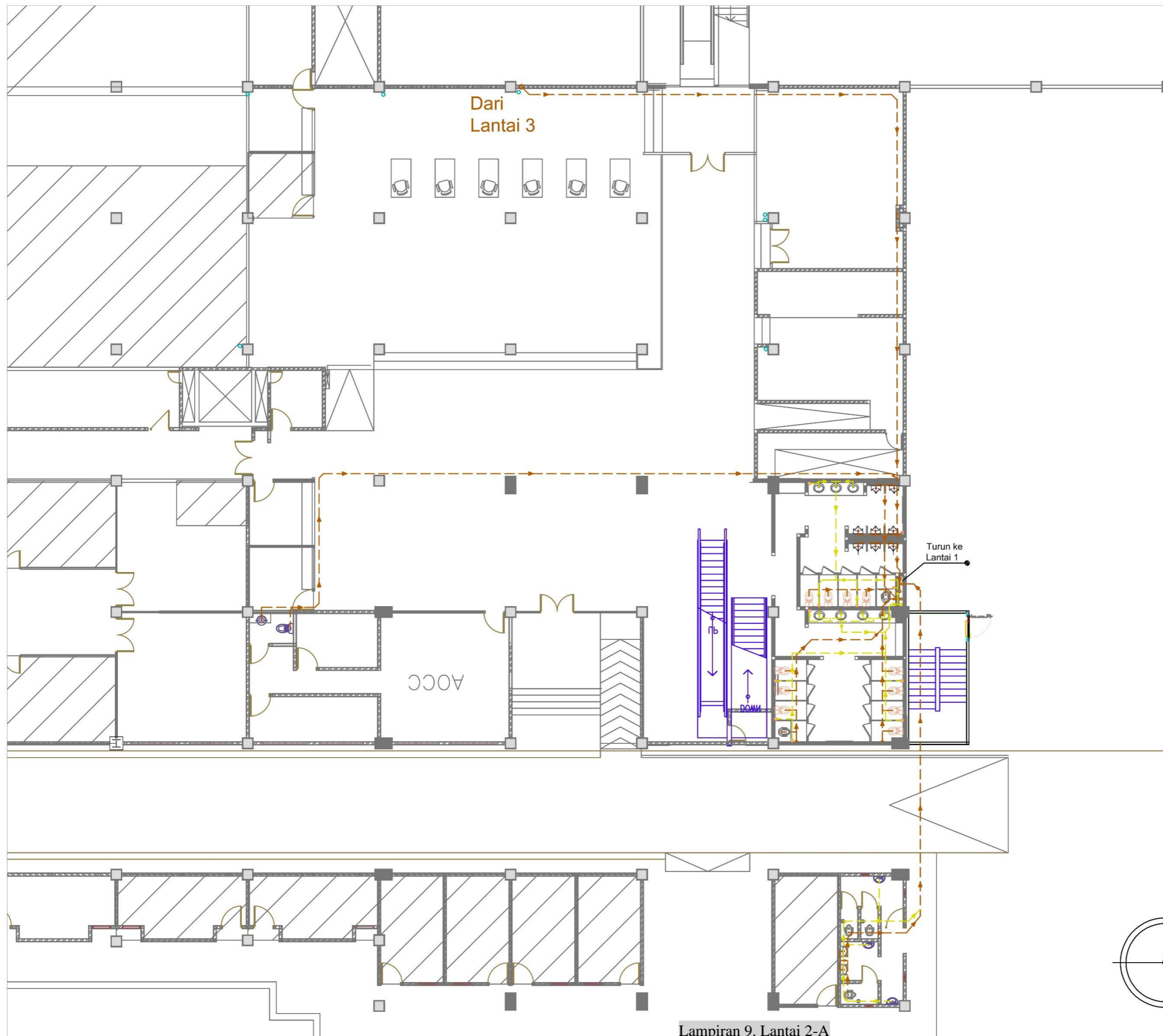


Keterangan	
Sewage Water	— (Red line)
Waste Water	— (Yellow line)
Rain Water	— (Blue line)
Kitchen Drain	— (Green line)

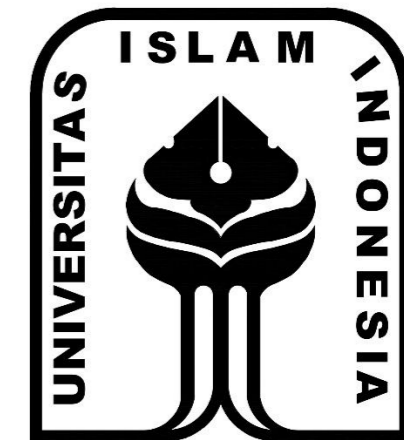


Terminal Lt. 2

1 : 1000



Lampiran 9. Lantai 2-A



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 2 - A

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

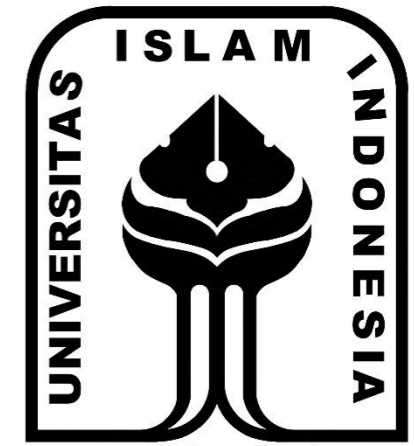
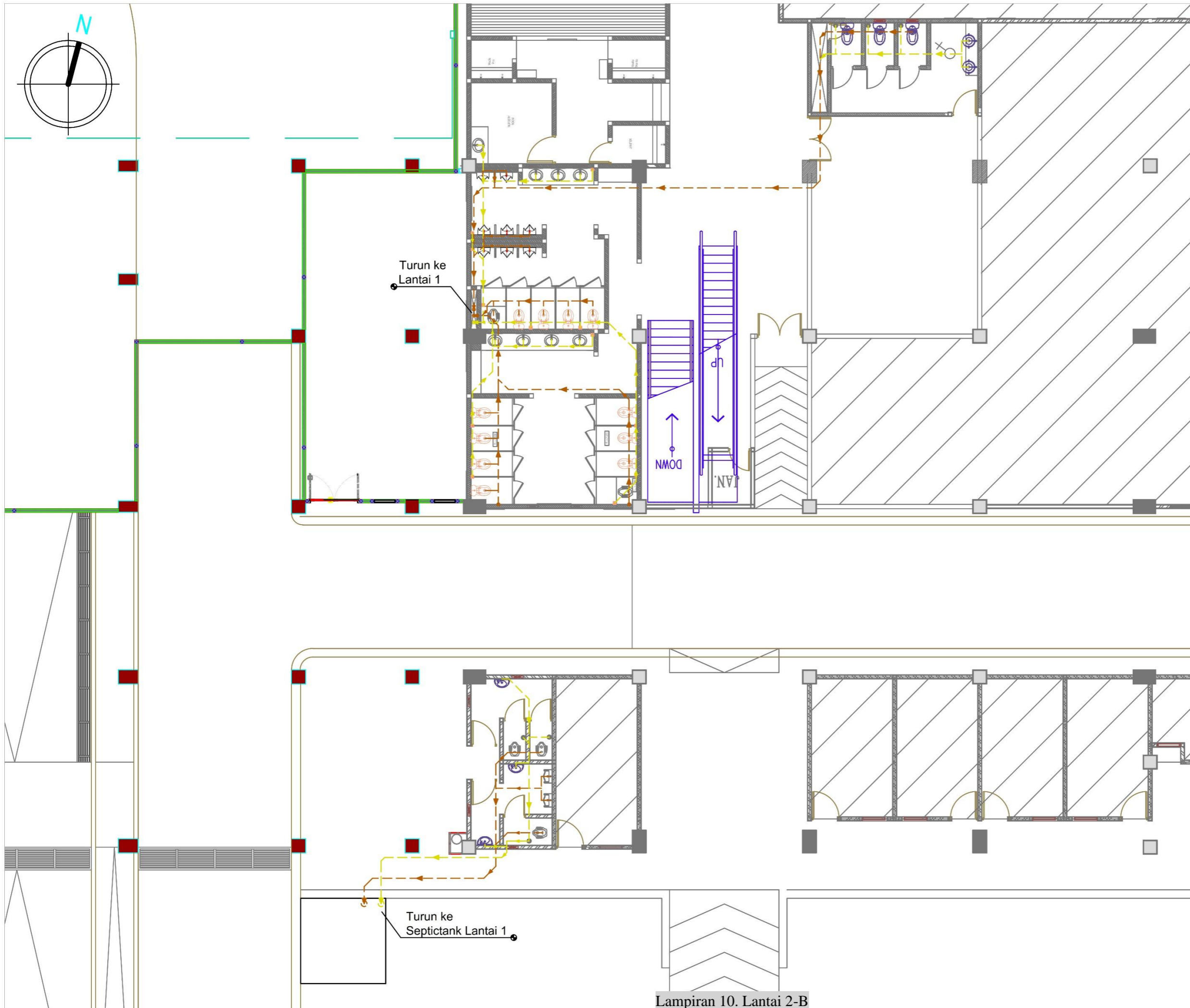
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 150

NO. GAMBAR

9



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 2 - B

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

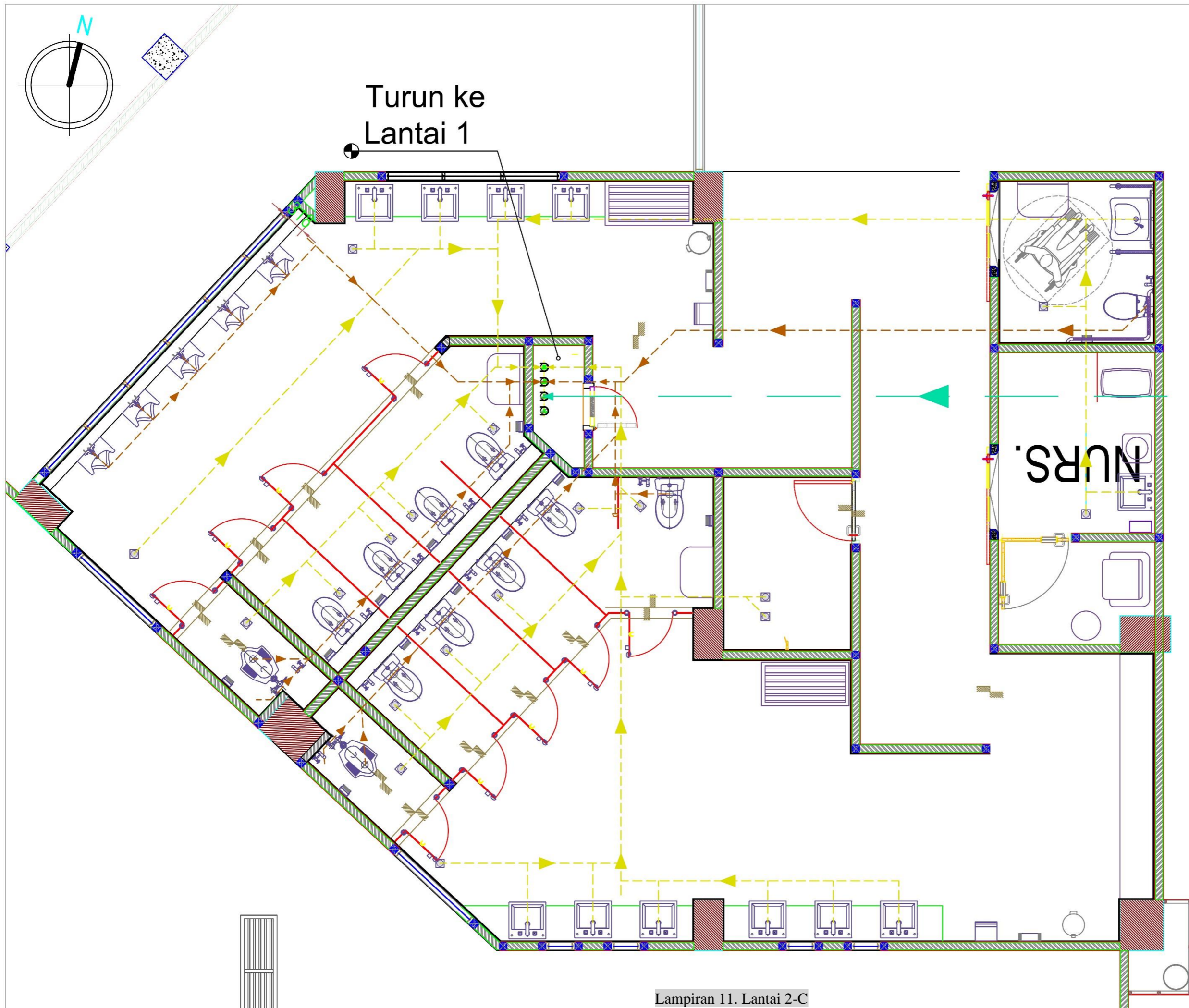
SKALA

1 : 125

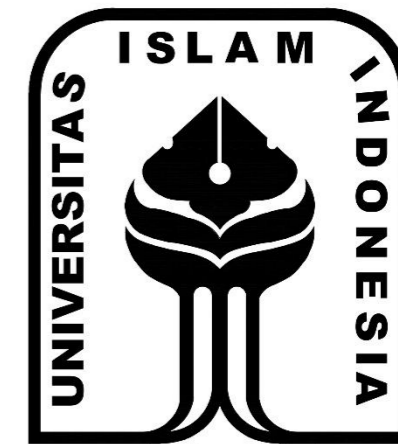
NO. GAMBAR

10

Lampiran 10. Lantai 2-B



Lampiran 11. Lantai 2-C



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 2 - C

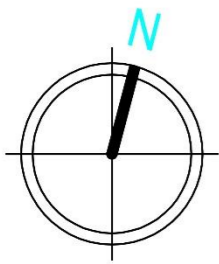
DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

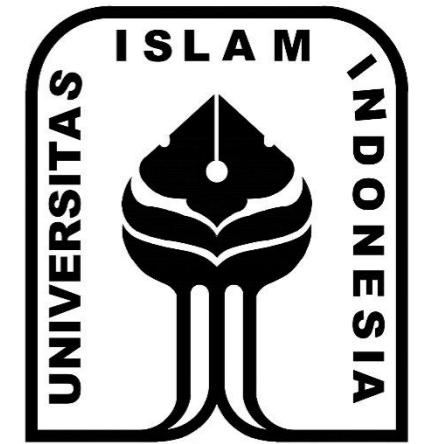
PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA	NO. GAMBAR
1 : 50	11



Lampiran 12. Lantai 2-D



UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 2 - D

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

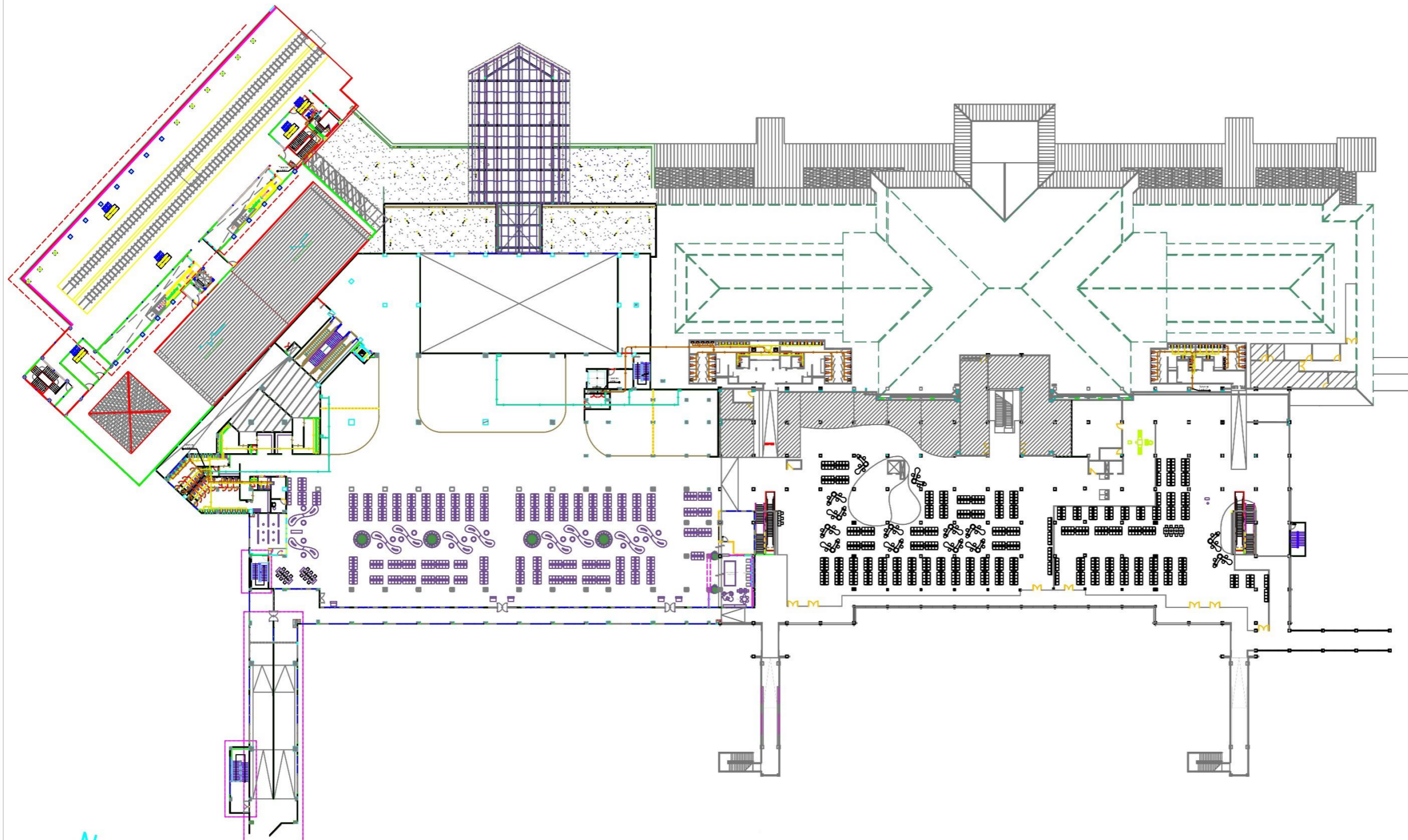
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR

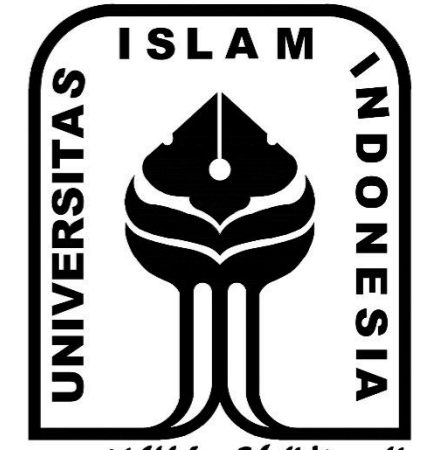
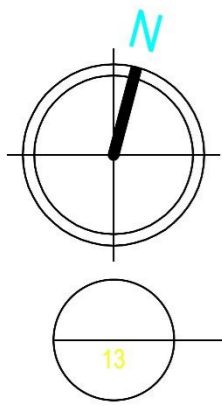
12



- Keterangan
- Sewage Water : — (orange line)
 - Waste Water : — (yellow line)
 - Rain Water : — (blue line)
 - Kitchen Drain : — (green line)



Terminal Lt. 3
1 : 1000



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan Lantai 3

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

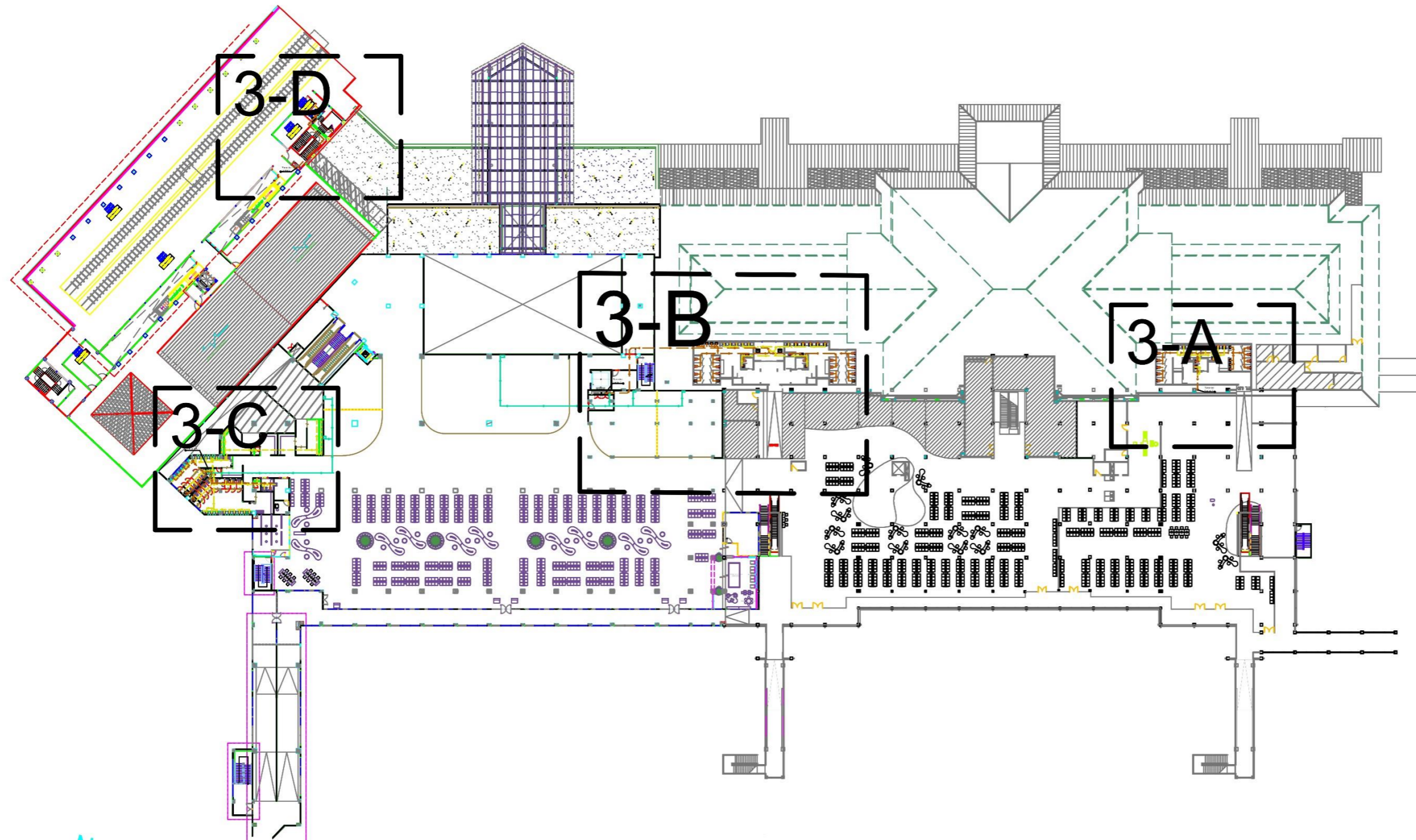
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

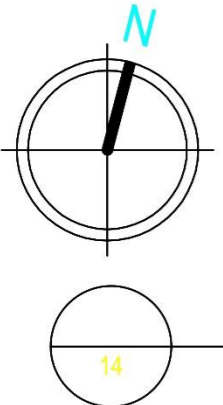
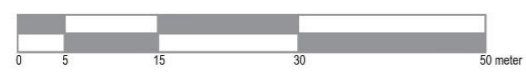
1 : 1000

NO. GAMBAR

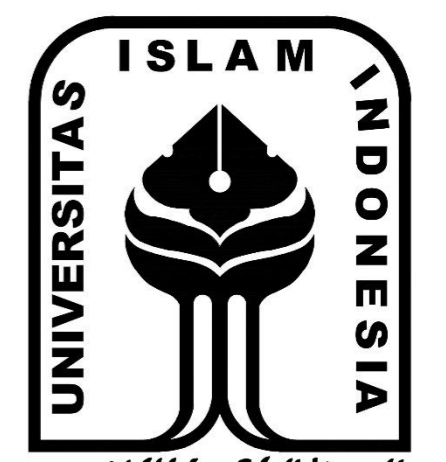
13



- Keterangan
- Sewage Water : —
 - Waste Water : —
 - Rain Water : —
 - Kitchen Drain : —



Terminal Lt. 3
1 : 1000



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Pembagian Lavatory Lantai 3

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

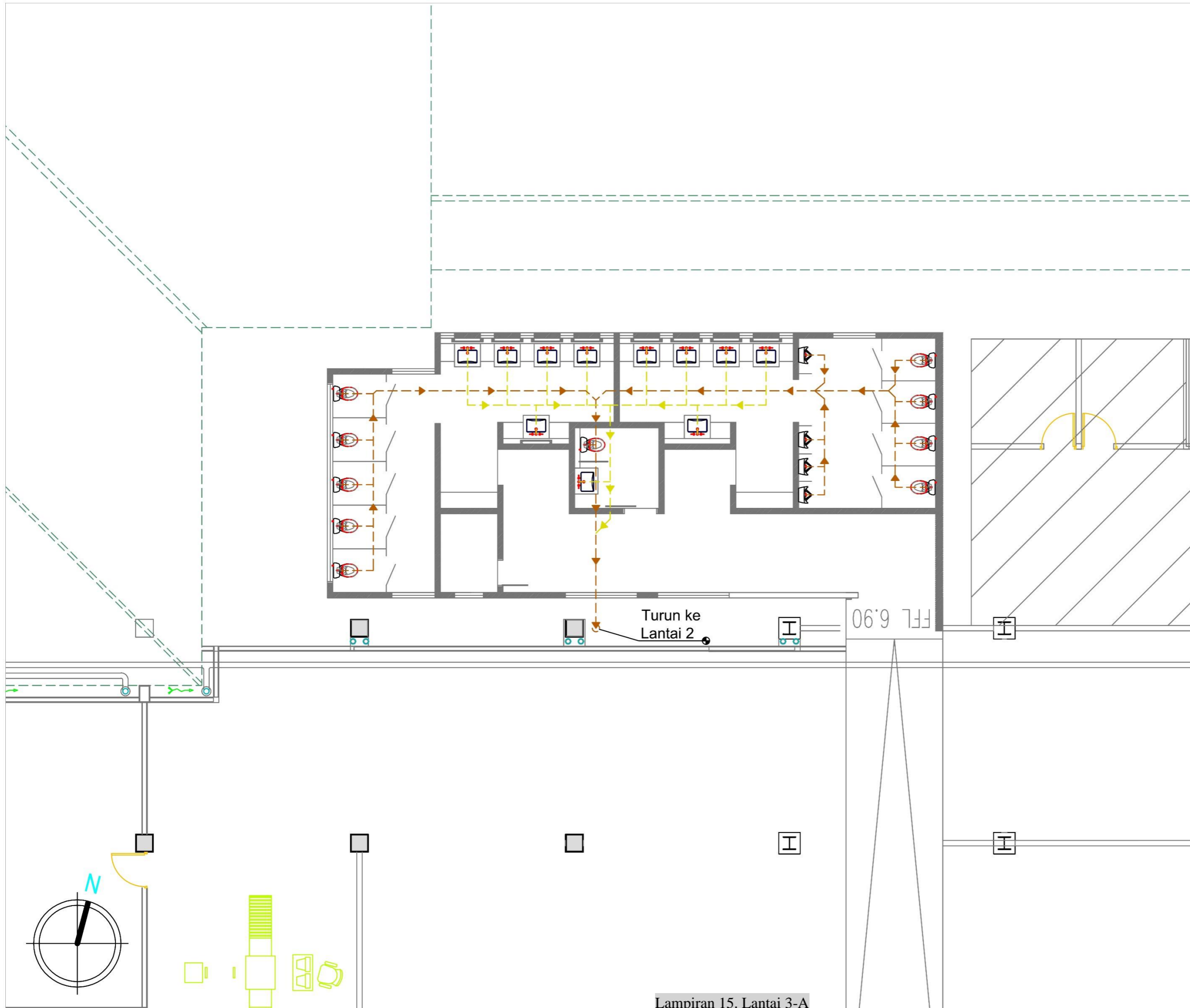
SKALA

1 : 1000

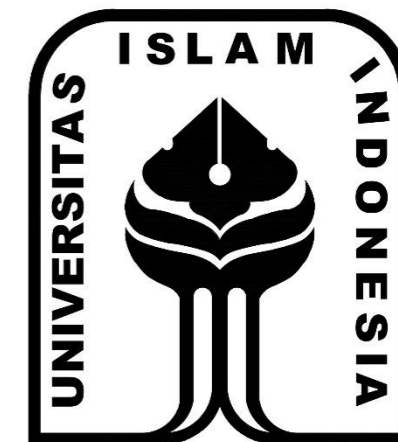
NO. GAMBAR

14

Lampiran 14. Pembagian Lavatory Lantai 3



Lampiran 15. Lantai 3-A



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 3 - A

DOSEN PEMBIMBING

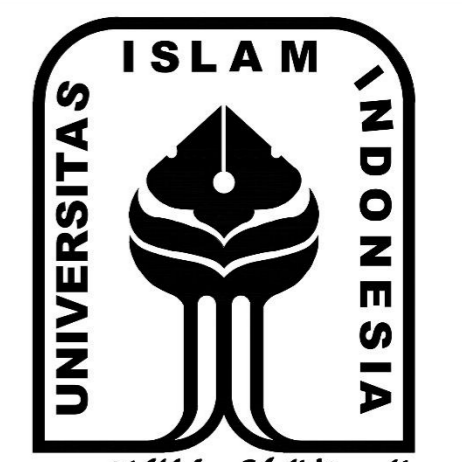
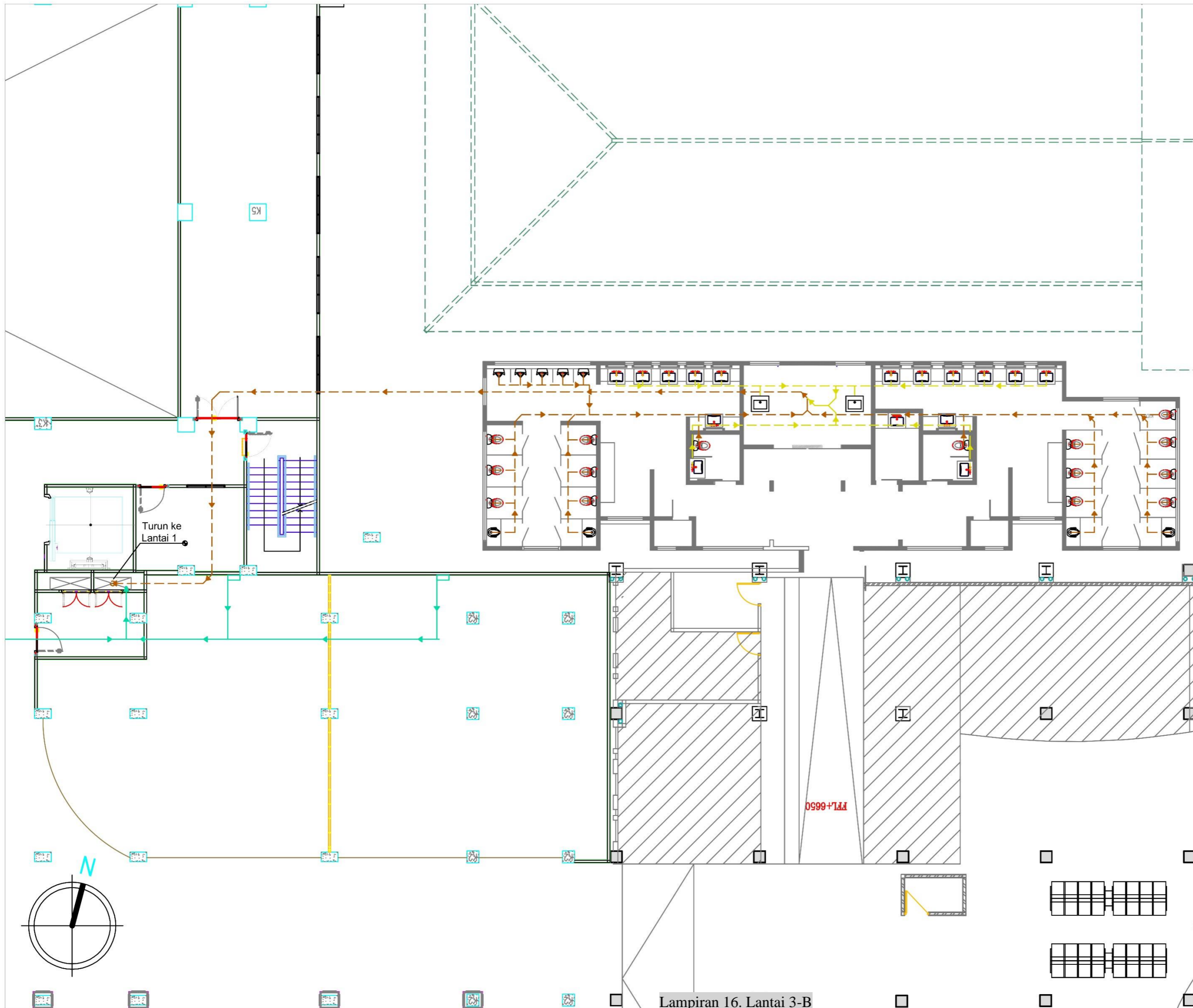
Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA	NO. GAMBAR
-------	------------

1 : 100	15
---------	----



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 3 - B

DOSEN PEMBIMBING

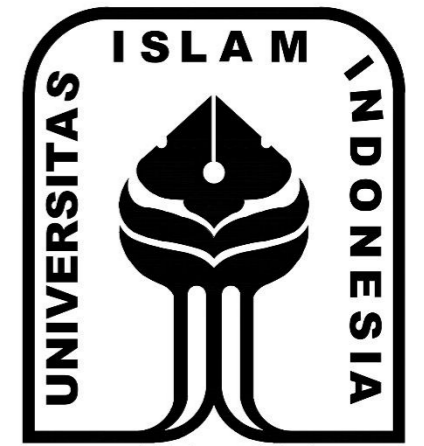
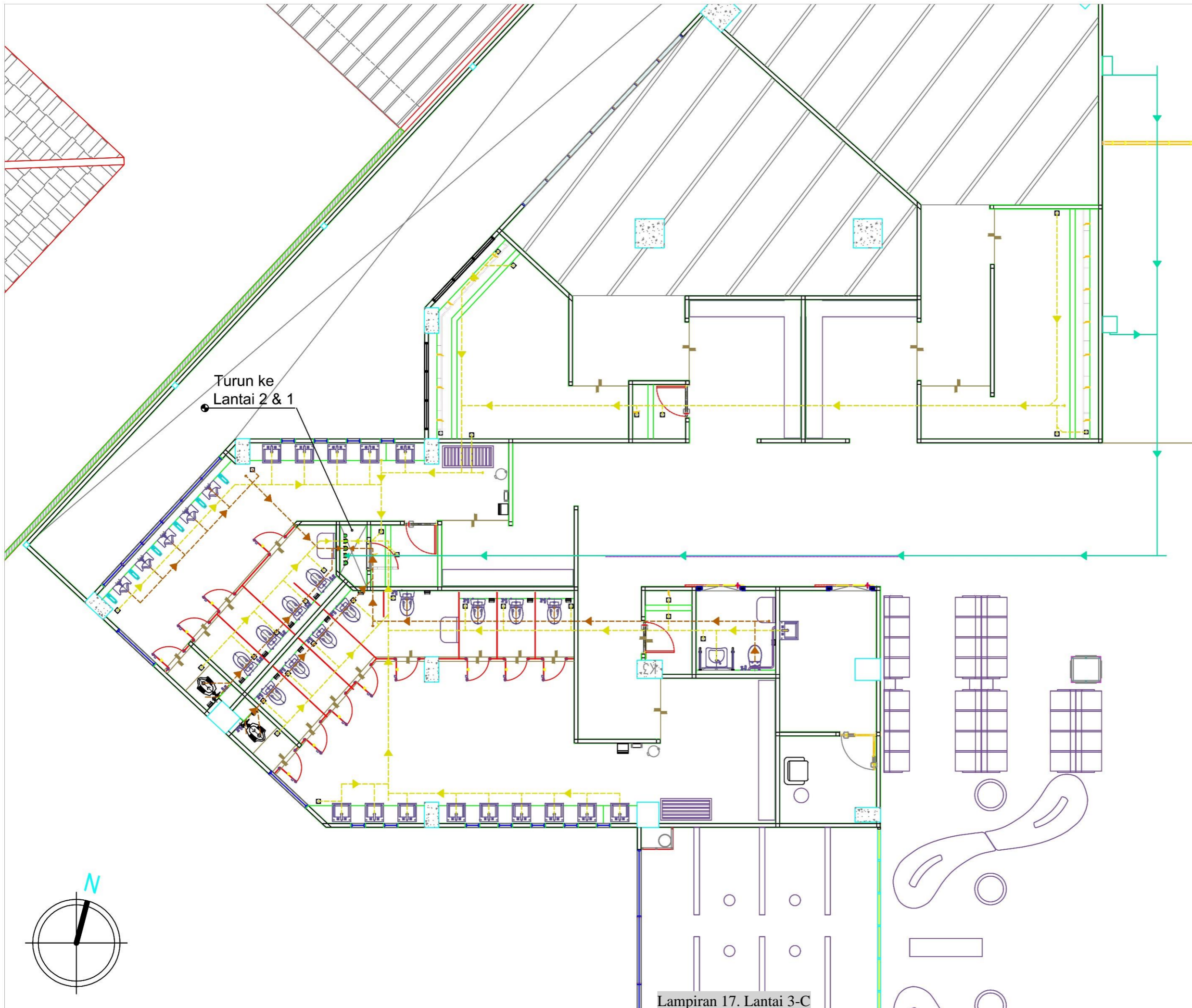
Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA	NO. GAMBAR
1 : 125	16

Lampiran 16. Lantai 3-B



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 3 - C

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angka Pura 1 (persero)

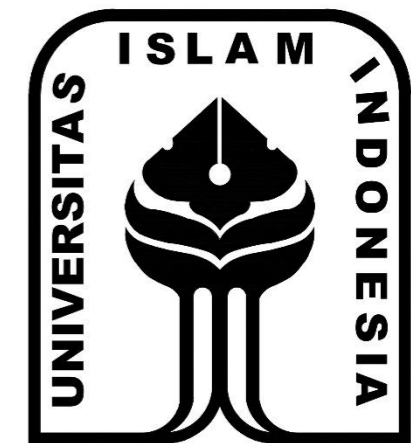
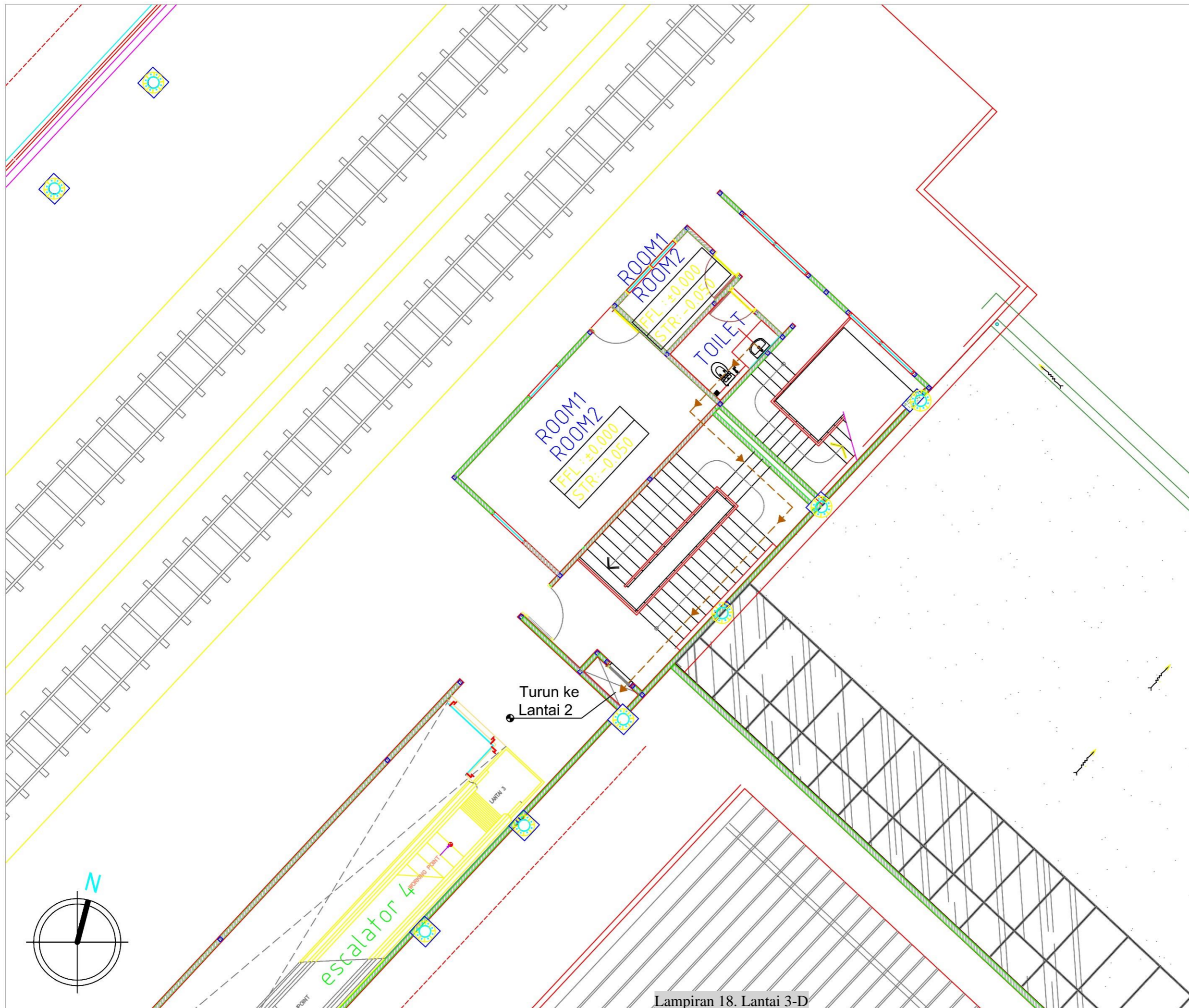
SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

17

Lampiran 17. Lantai 3-C



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Layout Jalur Pipa Buangan
Lantai 3 - D

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

18



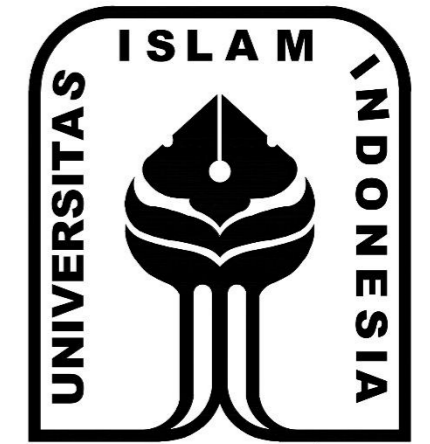
Lampiran 19. IPAL Bandara Adi Soemarmo (1)



Lampiran 20. IPAL Bandara Adi Soemarmo (2)



Lampiran 21. IPAL Bandara Adi Soemarmo (3)



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Lokasi Pengubahan Jalur
talang Pengencer

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

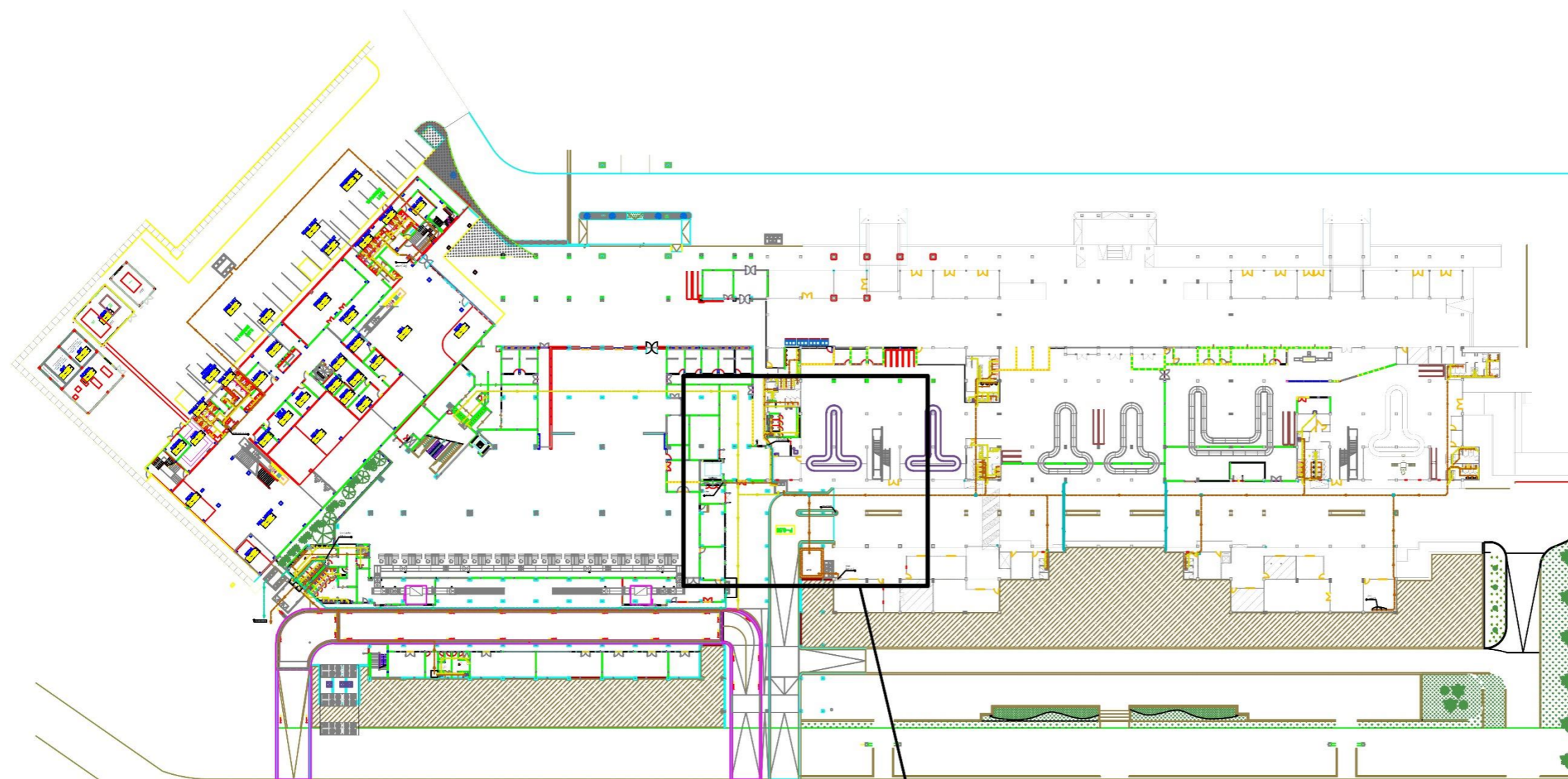
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

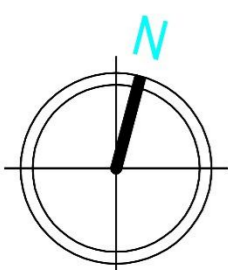
NO. GAMBAR

1:1000

22



Lokasi
Pengenceran



- Keterangan
- Sewage Water :
 - Waste Water :
 - Rain Water :
 - Kitchen Drain :

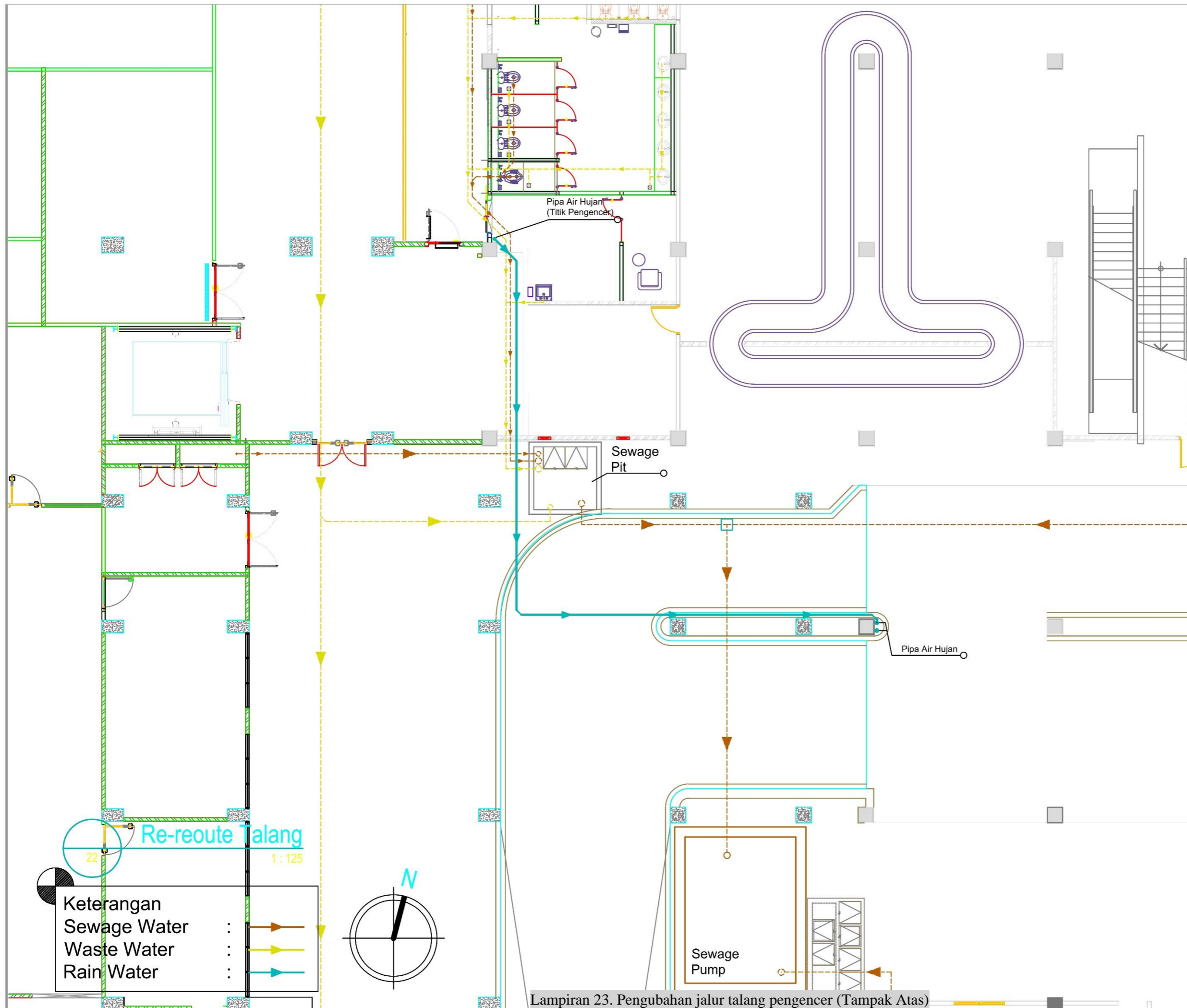


Terminal Lt. 1

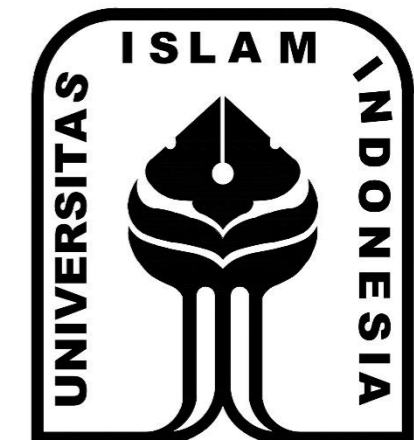
1:1000

22

Lampiran 22. Lokasi Pengubahan Jalur Talang



Lampiran 23. Perubahan jalur talang pengencer (Tampak Atas)



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Pengubahan Jalur
Talang Pengencer
(Tampak Atas)

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

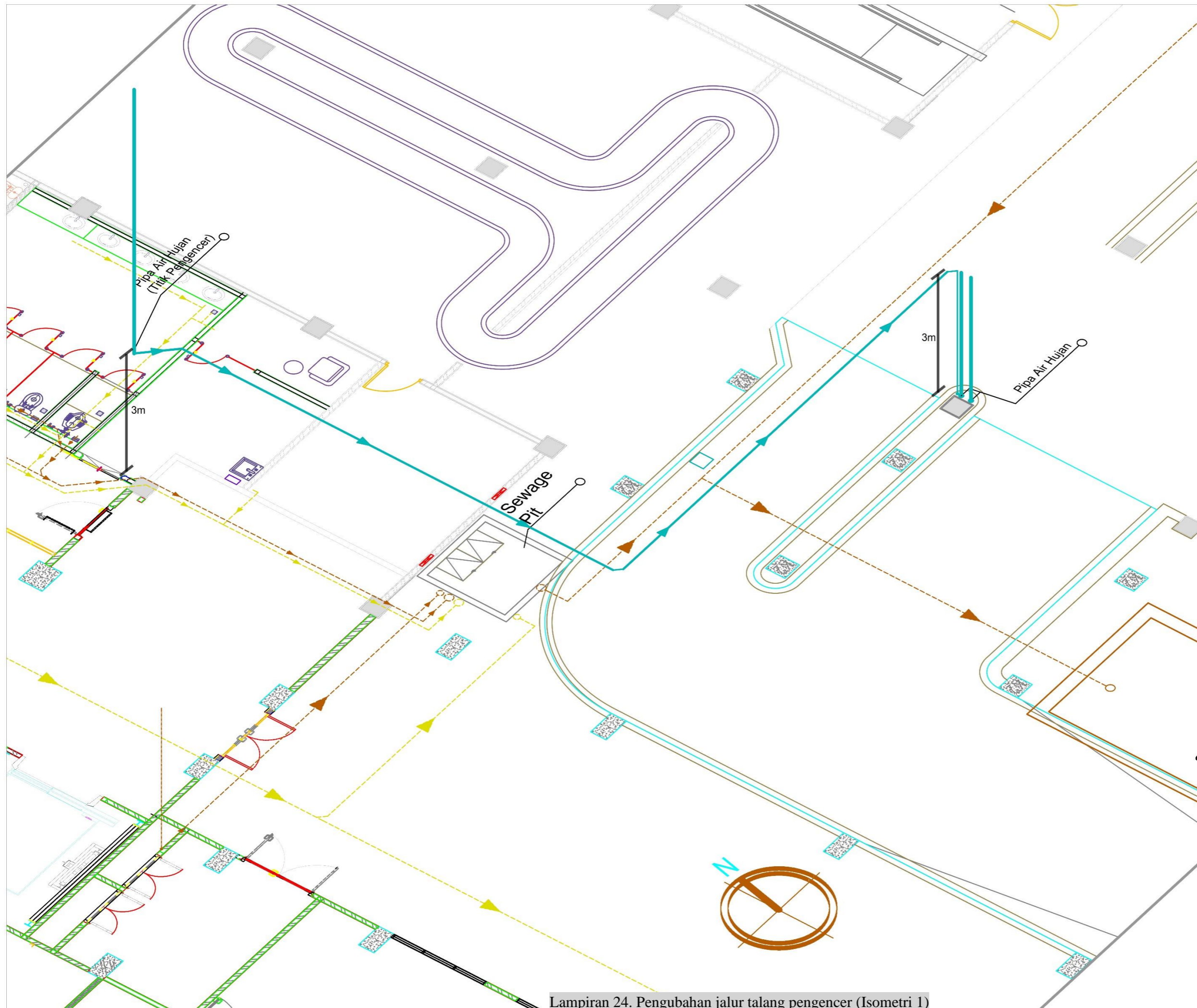
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

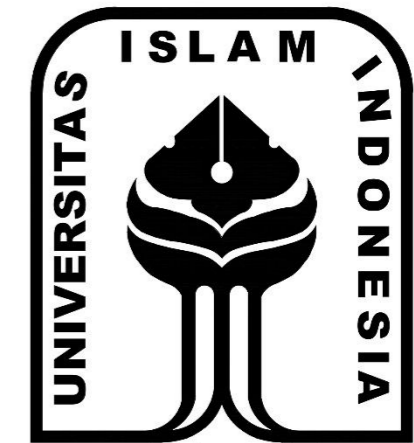
1 : 125

NO. GAMBAR

23



Lampiran 24. Perubahan jalur talang pengencer (Isometri 1)



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN

PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Pengubahan Jalur
Talang Pengencer
(Isometri 1)

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

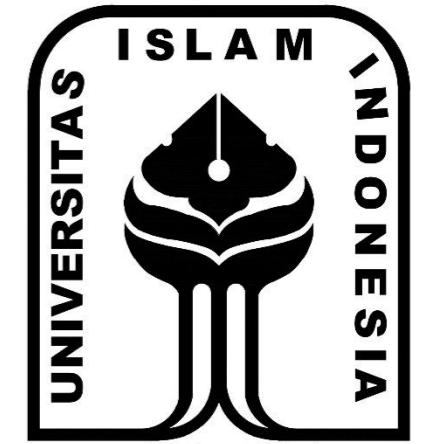
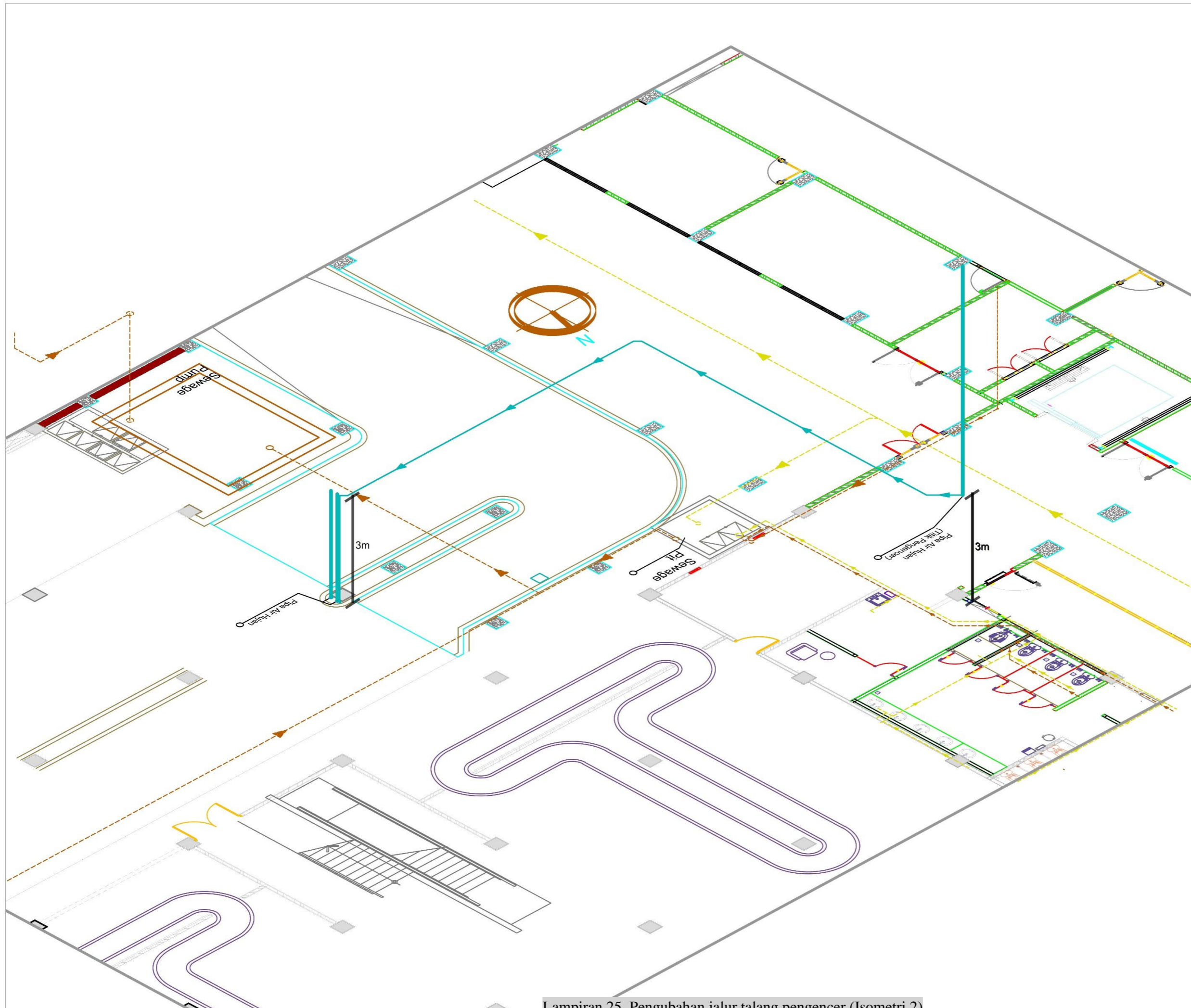
On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 75

NO. GAMBAR

24



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
PRODI TEKNIK LINGKUNGAN

NAMA / NIM

Daffa Allam Hoesain / 17513092

JUDUL GAMBAR

Pengubahan Jalur
Talang Pengencer
(Isometri 2)

DOSEN PEMBIMBING

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

PROJECT

On the Job Training
PT. Angkasa Pura 1 (persero)

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR

25

Lampiran 25. Pengubahan jalur talang pengencer (Isometri 2)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”