



**PERENCANAAN SISTEM PLAMBING PADA GEDUNG
*INTEGRATED LABORATOY FOR NATURAL SCIENCE AND
FOOD TECHNOLOGY* MENGGUNAKAN *PIPE FLOW EXPERT***

SKRIPSI

Oleh:

Balqis Nanda Rahmania

NIM 161910301091

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PERENCANAAN SISTEM PLAMBING PADA GEDUNG
*INTEGRATED LABORATOY FOR NATURAL SCIENCE AND
FOOD TECHNOLOGY MENGGUNAKAN PIPE FLOW EXPERT***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Balqis Nanda Rahmania

NIM 1619103010191

PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tuaku, Mama Dewi Makhsuni dan Papa Pipit Swardono Dwi Saputro yang selalu dan tidak pernah bosan memberikan segala cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang tulus, serta doa yang tak pernah berhenti terucap dalam setiap langkah mereka;
2. Kakakku, Dayla Putri Rahmayanti dan kedua adikku, Nabila Dinda Rahmania dan Nuril Humaorah Rahmania yang selalu memberi motivasi, semangat, perhatian, keceriaan dan doa yang selalu menyertai;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Sahabat ululuku, Febrianti Firda Ummulvia, Meidia Savira, dan Sukma Cindra Pratiwi yang telah memberikan banyak bantuan dan dukungan moril sejak SMA;
5. Sahabat-sahabat seperjuanganku, Ilmi Tri Indraswari, Yuanika Callista Marsha, Khoirunnisai Effendy dan teman-teman skripsi yang telah banyak mendukung dan memberikan doa serta semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini;
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2016 dan teman-teman yang tidak mungkin disebutkan satu per satu. Terima Kasih atas persahabatan, cinta yang tak akan pernah terlupakan. Semoga kita dapat dipertemukan dengan kesuksesan dan kemandirian kelak;
7. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Ilmu itu bukan yang dihafal, tetapi yang memberi manfaat”

(Imam Syafi’i)

“Apabila kamu sudah memutuskan menekuni suatu bidang, jadilah orang yang konsisten. Itu adalah kunci keberhasilan yang sebenarnya”

(Bacharuddin Jusuf Habibie)

“Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”

(QS Al-Insyirah : 7)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Balqis Nanda Rahmania

NIM : 161910301091

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Sistem Plambing pada Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* Menggunakan *Pipe Flow Expert*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi lain manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Januari 2020

Yang menyatakan,

Balqis Nanda Rahmania

NIM 161910301091

SKRIPSI

**PERENCANAAN SISTEM PLAMBING PADA GEDUNG
*INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND
FOOD TECHNOLOGY* MENGGUNAKAN *PIPE FLOW EXPERT***

Oleh:

Balqis Nanda Rahmania

NIM 161910301091

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perencanaan Sistem Plambing Pada Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* Menggunakan *Pipe Flow Expert*" (Balqis Nanda Rahmania, 161910301091) telah diuji dan disahkan pada :
hari, tanggal : Rabu, 15 Januari 2020
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,



Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T.
NIP 19730127 199903 2 002

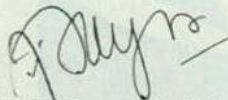


Ririn Endah Badriani, S.T., M.T.
NIP 19720528 199802 2 001

Tim Penguji :

Penguji I,

Penguji II,

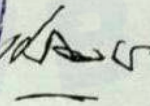


Wiwik Yunarni W., S.T., M.T.
NIP 19700613 199802 2 001



Fahir Hassan, S.T., M.T.
NIP 760017043

Mengesahkan :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Perencanaan Sistem Plumbing pada Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* Menggunakan *Pipe Flow Expert*; Balqis Nanda Rahmania, 161910301091; 2020: 138 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Salah satu dampak terbatasnya ketersediaan lahan adalah adanya pergeseran pola pembangunan horizontal menjadi pembangunan vertikal. Hal ini ditandai dengan banyaknya pembangunan gedung bertingkat, salah satunya gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*. Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* merupakan salah satu proyek konstruksi yang ada di Universitas Jember yang mendapatkan dana hibah dari *Islamic Development Bank* untuk mengembangkan sarana dan prasarana. Pembangunan gedung bertingkat diperlukan perencanaan yang matang sejak perencanaan gedung, sistem mekanikal, elektrikal, proteksi kebakaran hingga sistem plumbing. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dimensi pipa sistem plumbing meliputi air bersih, air buangan, ven, dan proteksi kebakaran pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* menggunakan *pipe flow expert*.

Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* merupakan gedung laboratorium enam lantai yang terdiri atas laboratorium produksi, ruang kelas multimedia, ruang rapat, ruang dosen, dan *showroom*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2019 – November 2019. Perhitungan kebutuhan air bersih dilakukan berdasarkan tiga cara, yaitu unit beban alat plumbing (*fixture unit*), jumlah penghuni gedung, serta jenis dan jumlah alat plumbing. Dimensi pipa air bersih dihitung berdasarkan unit beban alat plumbing. Hasil perhitungan dimensi disimulasikan menggunakan *pipe flow expert* untuk mengetahui kecepatan dan tekanan pada masing-masing pipa air bersih. Penyaluran air buangan direncanakan secara terpisah untuk air bekas dan air kotor. Dimensi pipa untuk air bekas, air kotor, dan ven dihitung berdasarkan unit beban alat plumbing, dan perhitungan dimensi pipa proteksi kebakaran berdasarkan SNI 03-1745-2000.

Hasil penelitian pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* didapatkan kebutuhan air bersih sebesar 120 m³/hari dengan waktu pemakaian 10 jam (jam 07.00 - jam 16.00). Dimensi pipa air bersih dari tangki bawah menuju tangki atap sebesar 2,5". Dimensi pipa untuk setiap jenis alat plumbing sebesar ½" dan dimensi pipa tegak sebesar 3" dan 4". Debit buangan yang dihasilkan sebesar 108 m³/hari. Dimensi maksimal pipa tegak air buangan untuk air kotor dan air bekas sebesar 5" dan 3" serta dimensi maksimal pipa ven sebesar 5". Selain itu, dimensi pipa proteksi kebakaran sebesar 4".

SUMMARY

Design of Plumbing System at Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Using Pipe Flow Expert: Balqis Nanda Rahmania, 161910301091; 2020: 138 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

One impact of the land limited is change horizontal development patterns to vertical development. This pattern is indicated by the increase of high-rise buildings, the sample is the Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology building. The Integrated Laboratory Building for Natural Science and Food Technology is one of the construction projects in University of Jember which funded by Islamic Development Bank to develop facilities and infrastructure. High rise building construction requires precise planning from building, mechanical systems, electrical, fire protection to plumbing systems. The purpose of this study is to plan the pipe dimensions of the plumbing system in the Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology building which includes clean water, wastewater, vents, and fire protection using a pipe flow expert.

The Integrated Laboratory Building for Natural Science and Food Technology is a six floors laboratory building consisting of a production laboratory, multimedia classrooms, meeting rooms, lecturer rooms, and showroom. This research was conducted in July 2019 until November 2019. Calculation of clean water is based on three ways, the unit load of the plumbing device (fixture unit), the number of occupants of the building, and the type and number of plumbing tools. The dimension of the clean water pipe is calculated based on the unit load of the plumbing device. Then, the results of calculation are simulated by using a pipe flow expert to determine the speed and pressure of clean water pipe. Wastewater distribution is planned separately for greywater and blackwater. The dimensions of pipes for greywater, blackwater, and vent are calculated based on the unit load of the plumbing device, and the calculation of the dimensions of fire protection pipes based on SNI 03-1745-2000.

The results show that the demand of clean water in Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology building is 120 m^3 per day with a usage time of 10 hours (07.00 until 16.00 hours). The dimension of the clean water pipe from the ground water tank to the roof tank is 2.5 inches. The dimensions of the pipe for each type of plumbing device is $\frac{1}{2}$ inches and the dimensions of the vertical pipe are 3 inches and 4 inches. The result of wastewater is 108 m^3 per day. The maximum dimensions for vertical water pipes of blackwater, greywater, and vent are 5 inches, 3 inches, and 5 inches, respectively. The dimension of the fire protection pipe is 4 inches.

PRAKATA

Puji syukur penullis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Perencanaan Sistem Plambing pada Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*”. Skripsi ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah mendukung dan membimbing dalam penyusunan laporan ini, khususnya yaitu :

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik;
3. Ibu Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Ririn Endah Badriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membantu memberi masukan nasehat dan segala yang bermanfaat untuk menyelesaikan skripsi ini;
4. Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T., dan Bapak Fahir Hassan, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji 1 dan 2 yang telah meberikan masukan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini;
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi masyarakat.

Jember, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY.....	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Plambing	4
2.2 Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih	5
2.3 Perhitungan Tangki Air	16
2.4 Perencanaan Sistem Plambing Air Buangan	22
2.5 Perencanaan Sistem Ven	27
2.6 Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran	29
2.7 <i>Software Pipe Flow Expert</i>	34
2.8 Penelitian Terdahulu.....	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 43

3.2 Prosedur Penelitian 43

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih 51

4.2 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Buangan 79

4.3 Penentuan Diameter Pipa Proteksi Kebakaran..... 84

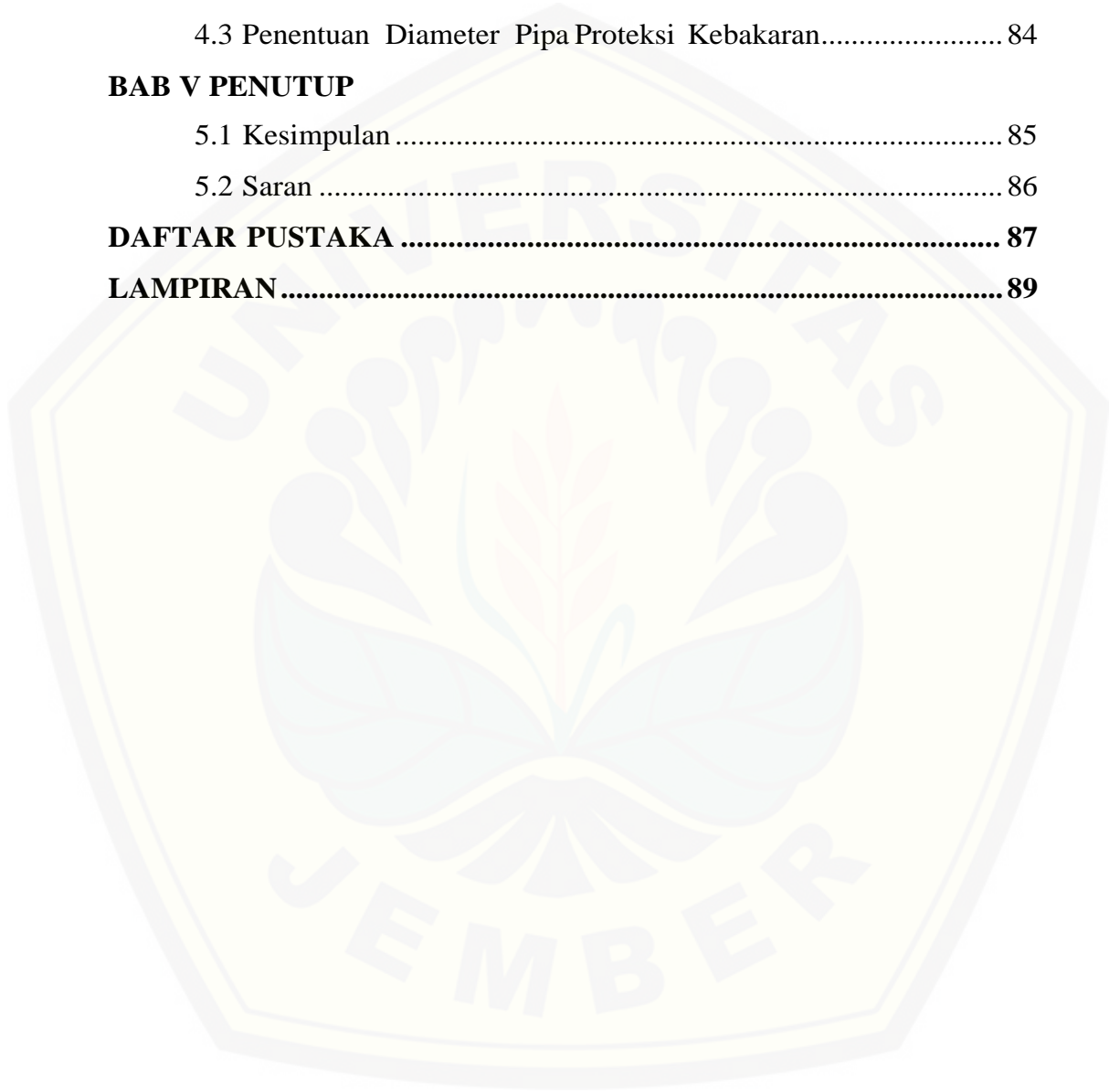
BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 85

5.2 Saran 86

DAFTAR PUSTAKA 87

LAMPIRAN..... 89



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Minimum Panjang, Warna Latar, dan Huruf	5
Tabel 2.2 Unit Beban Alat Plambing	7
Tabel 2.3 Unit Beban Alat Plambing yang tidak ada dalam Tabel 2.2.....	9
Tabel 2.4 Kebutuhan Air Rata-Rata Per Orang	10
Tabel 2.5 Pemakaian Air Tiap Plambing	12
Tabel 2.6 Ukuran Pipa Berdasarkan UBAP	13
Tabel 2.7 Koefisien <i>Headloss</i> (K).....	16
Tabel 2.8 Karakteristik Pompa Sentrifugal dan Pompa <i>Submersible</i>	22
Tabel 2.9 Diameter Minimum Perangkap dan Pipa Pembuangan	24
Tabel 2.10 Unit Beban Alat Plambing untuk Air Limbah	26
Tabel 2.11 Unit Beban Alat Plambing yang tidak ada dalam Tabel 2.10.....	27
Tabel 2.12 Beban Maksimum UBAP yang Diizinkan.....	28
Tabel 2.13 Klasifikasi Kebakaran Berdasarkan Jenis Tempat Kerja.....	29
Tabel 2.14 Kapasitas Pancaran.....	31
Tabel 2.15 Penelitian Terdahulu.....	41
Tabel 4.1 Rekapitulasi Jumlah dan Jenis Alat Plambing	51
Tabel 4.2 Perhitungan Unit Beban Alat Plambing (<i>Fixture Unit</i>)	52
Tabel 4.3 Jumlah Penghuni	55
Tabel 4.4 Rekapitulasi Jumlah Penghuni Gedung	57
Tabel 4.5 Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jumlah Penghuni Gedung.....	57
Tabel 4.6 Rekapitulasi Jumlah dan Jenis Alat Plambing	59
Tabel 4.7 Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plambing.....	59
Tabel 4.8 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Air Bersih.....	61
Tabel 4.9 Jumlah Kepala <i>Sprinkler</i>	62
Tabel 4.10 Rekapitulasi Jumlah <i>Sprinkler</i>	64
Tabel 4.11 Kebutuhan Air Bersih untuk <i>Sprinkler</i>	65
Tabel 4.12 Rekapitulasi Jumlah <i>Box Hydrant</i>	66
Tabel 4.13 Kebutuhan Air Bersih untuk <i>Box Hydrant</i>	67

Tabel 4.14 Perbandingan Pompa Sentrifugal dan Pompa <i>Submersible</i>	71
Tabel 4.15 Rekapitulasi Diameter Pipa Minimal untuk Setiap Jenis Alat Plumbing	75
Tabel 4.16 Rekapitulasi Diameter Minimal Pipa Tegak.....	76
Tabel 4.17 Rekapitulasi Diameter Pipa yang Digunakan untuk Setiap Jenis Alat Plumbing	77
Tabel 4.18 Rekapitulasi Diameter Pipa yang Digunakan untuk Pipa Tegak	78
Tabel 4.19 Rekapitulasi Diameter Pipa Minimal untuk Setiap Jenis Alat Plumbing	80
Tabel 4.20 Rekapitulasi Diameter Pipa yang Digunakan untuk Pipa Tegak <i>Black Water</i>	80
Tabel 4.21 Rekapitulasi Diameter Pipa yang Digunakan untuk Pipa Tegak <i>Grey Water</i>	81
Tabel 4.22 Rekapitulasi Diameter Minimal Pipa Ven	82
Tabel 4.23 Rekapitulasi Diameter Minimal Pipa Ven Tegak	83
Tabel 4.24 Rekapitulasi Diameter Minimal Pipa Proteksi Kebakaran	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Hubungan Antara UBAP dengan Laju Air.....	9
Gambar 2.2 Kurva Hubungan Antara UBAP dengan Laju Air.....	9
Gambar 2.3 Komponen Pompa Sentrifugal	18
Gambar 2.4 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal	18
Gambar 2.5 Pompa <i>Diffuser</i>	19
Gambar 2.6 Bagian-Bagian Pompa <i>Submersible</i>	19
Gambar 2.7 Pompa Vortex.....	20
Gambar 2.8 Grafik Pemilihan Pompa	22
Gambar 2.9 Sistem Pipa Tegak Basah	32
Gambar 2.10 Sistem Pipa Tegak Kering.....	32
Gambar 2.11 Penentuan Pipa Tegak pada bangunan lebih dari 24 m.....	33
Gambar 2.12 Penentuan Pipa Tegak pada bangunan kurang dari 24 m.....	33
Gambar 2.13 Tampilan <i>File Baru</i>	35
Gambar 2.14 Tampilan <i>Configuration Options</i>	35
Gambar 2.15 Tampilan <i>Isometric Drawing Mode</i>	36
Gambar 2.16 Tampilan <i>Fluid Data</i>	36
Gambar 2.17 Tampilan Kotak Dialog Tangki.....	37
Gambar 2.18 Tampilan Kotak Dialog Pipa.....	37
Gambar 2.19 Tampilan <i>Pipe Material</i>	38
Gambar 2.20 Tampilan <i>Diameter Data</i>	38
Gambar 2.21 Tampilan Komponen Pipa.....	39
Gambar 2.22 Tampilan <i>Pump Data</i>	39
Gambar 2.23 Tampilan <i>Result Log</i>	40
Gambar 2.24 Tampilan <i>Result Sheet</i>	40

Gambar 3.1 Tempat Penelitian.....	43
Gambar 3.2 Pemilihan Jenis Fluida	45
Gambar 3.3 Menempatkan Tangki.....	45
Gambar 3.4 Pemilihan Material	46
Gambar 3.5 Pemilihan Diameter Pipa.....	46
Gambar 3.6 Panjang Pipa	47
Gambar 3.7 Pemilihan Komponen Pipa.....	47
Gambar 3.8 Diagram Alir Pekerjaan.....	50
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Antara UBAP dengan Laju Air	53
Gambar 4.2. Penempatan <i>Sprinkler</i> dan <i>Box Hydrant</i>	62
Gambar 4.3 Sistem Pemompaan <i>Ground Water Tank</i> menuju <i>Roof Tank</i>	72
Gambar 4.4. Grafik Pemilihan Pompa	75
Gambar 4.5. Skema Jaringan Plambing Air Bersih pada Lantai 6.....	77
Gambar 4.6. Skema Jaringan Plambing Air Buangan pada Lantai 6.....	79
Gambar 4.7. Skema Jaringan Pipa Ven pada Lantai 6.....	82
Gambar 4.8. Skema Jaringan Pipa Proteksi Kebakaran pada Lantai 6	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	89
Lampiran B.....	96
Lampiran C.....	102



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era saat ini, banyak terlihat pergeseran pola pembangunan horizontal menjadi pembangunan vertikal. Pergeseran pola pembangunan vertikal ini dijumpai dengan banyaknya pembangunan gedung-gedung bertingkat. Ketersediaan lahan yang terbatas merupakan penyebab pergeseran tersebut. Salah satu contoh pergeseran pola pembangunan vertikal adalah pembangunan gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*.

Pembangunan gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* merupakan bagian dari *IsDB Project* Universitas Jember. Gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* merupakan gedung bertingkat dengan jumlah lantai sebanyak 6 lantai. Perencanaan yang matang dalam segala aspek dibutuhkan dalam pembangunan gedung bertingkat. Perencanaan tersebut meliputi perencanaan gedung itu sendiri, perencanaan sistem mekanikal, elektrikal, dan proteksi kebakaran, serta perencanaan sistem plambing.

Sistem plambing merupakan aspek penting yang tidak dapat dipisahkan sebagai pendukung tercapainya fungsi bangunan. Pada pembangunan gedung bertingkat diperlukan perhatian khusus dalam perencanaan sistem plambing yang layak sehingga kenyamanan saat berada disebuah gedung dapat dirasakan oleh penghuni (Sunarno, 2005). Perencanaan sistem plambing dibutuhkan sebagai penunjang dalam pemenuhan kebutuhan air bersih dan penyaluran air buangan disebuah bangunan gedung. Fungsi sistem plambing adalah mampu mendistribusikan air bersih ke seluruh bagian gedung dengan tekanan dan jumlah aliran yang sesuai. Sistem plambing juga diharapkan dapat menyalurkan air buangan yang ada di seluruh bangunan gedung dan tetap menjaga bagian-bagian yang dilalui dan lingkungan sekitarnya. Selain pipa air bersih dan pipa air buangan, terdapat ven yang digunakan untuk mengalirkan udara yang ada pada pipa air buangan. Selain perencanaan plambing, perlu dilakukan perencanaan proteksi kebakaran untuk menunjang fungsi bangunan. Hal ini dilakukan karena

saat ini musibah kebakaran sering terjadi sewaktu-waktu. Kebakaran tersebut seringkali menyebabkan bertambahnya kerugian yang diakibatkan sulitnya mengatasi kebakaran yang terjadi. Oleh karena itu perlu adanya sistem proteksi kebakaran pada suatu bangunan.

Terdapat hal penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan sistem plambing meliputi, laju aliran dalam pipa, kecepatan aliran dalam pipa, diameter pipa, serta tekanan air di dalam pipa. Oleh karena itu, diperlukan penggambaran serta analisis jaringan perpipaan menggunakan alat bantu *software Pipe Flow Expert* untuk pemodelan sistem plambing. Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan sistem perpipaan pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* karena pada saat ini sistem perpipaan pada gedung tersebut masih dalam tahap pengerjaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fokus masalah di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu “Bagaimana perencanaan sistem plambing yang meliputi air bersih, air buangan, ven, dan proteksi kebakaran yang ada pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* menggunakan *pipe flow expert*?”

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah yang diangkat di atas, tujuan penelitian ini yaitu merencanakan dimensi pipa sistem plambing yang meliputi air bersih, air buangan, ven, dan proteksi kebakaran yang ada pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* menggunakan *pipe flow expert*.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan di atas diharapkan hasil penelitian ini memberikan manfaat untuk :

1. Sebagai bahan masukan untuk pengembangan mata kuliah teknik perpipaan khususnya bangunan gedung yang ada pada Program Studi Teknik Sipil.
2. Sebagai pertimbangan bagi pihak perencana pembangunan gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* dalam perencanaan sistem perpipaan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain :

1. Perencanaan sistem plambing pada penelitian ini menggunakan SNI 8153-2015, SNI 03-1745-2000 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 26/PRT/M/2008.
2. Pemodelan sistem plambing pada penelitian ini menggunakan *software* bantu *pipe flow expert 7.40*.
3. Penelitian ini tidak merencanakan anggaran biaya.
4. Penelitian ini tidak merencanakan sumur resapan untuk menyalurkan air hujan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Plambing

Sistem Plambing pada Bangunan Gedung dijelaskan bahwa sistem plambing merupakan jaringan perpipaan yang ada pada suatu gedung sebagai pendukung tercapainya fungsi bangunan. Sistem plambing ini meliputi penyediaan air minum, penanganan air limbah, drainase dan perpipaan distribusi, bangunan penunjang, termasuk semua sambungan, pemanas air dan ventilasi, serta alat-alat dan perlengkapannya yang terpasang di dalam persil dan bangunan gedung. (Badan Standarisasi Nasional, 2015).

2.1.1 Penandaan Pipa

Menurut SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung dijelaskan bahwa pemasangan sistem plambing pada suatu gedung harus diberikan tanda yang jelas dan dapat diidentifikasi. Pemberian tanda pada setiap sistem meliputi pemberian tulisan dan arah aliran dalam pipa dengan ketentuan cat berwarna sebagai berikut

1. Pipa air minum harus ditandai dengan tulisan air minum dengan warna latar hijau serta menggunakan tulisan huruf besar.
2. Pipa air limbah harus ditandai dengan tulisan air limbah dengan warna latar kuning serta menggunakan tulisan huruf besar.
3. Pipa air hujan harus ditandai dengan tulisan air hujan serta menggunakan tulisan huruf besar.
4. Pipa air daur ulang harus ditandai dengan tulisan air daur ulang serta menggunakan tulisan huruf besar.

Tabel 2.1 Ukuran Minimum Panjang, Warna Latar, dan Huruf

Diameter luar pipa atau penutup (inci)	Minimum panjang warna latar di lapangan (inci)	Minimum ukuran huruf (inci)
$\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$	8	$\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{2}$ - 2	8	$\frac{3}{4}$
$2\frac{1}{2}$ - 6	12	$1\frac{1}{4}$
8 - 10	24	$2\frac{1}{2}$
>10	32	$3\frac{1}{2}$

Sumber : SNI 8153 – 2015

2.2 Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih

Pada sistem plambing air bersih perlu adanya penentuan sistem pengaliran dan penyediaan air bersih yang akan digunakan. Selain itu perlu adanya perencanaan pemasangan katup, perencanaan penaksiran laju air, penentuan tekanan air, perencanaan dimensi pipa yang akan digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan di dalam pipa.

2.2.1 Sistem Penyediaan dan Siste Pengaliran Air Bersih

Dalam mendistribusikan air bersih ke seluruh bagian gedung diperlukan sistem penyediaan air bersih. Sistem penyediaan air bersih ada tiga jenis, yaitu sistem tangki atap, sistem tangki tekan, dan sistem sambungan langsung (Noerbambang dan Morimura, 2005).

1. Sistem tangki atap

Pada sistem tangki atap dilakukan penampungan air terlebih dahulu di dalam tangki bawah yang berada di bawah muka tanah yang tidak jauh dari bangunan atau di lantai paling bawah bangunan. Selanjutnya air yang telah ditampung dipompakan ke tangki atas yang telah dipasang di atap atau lantai paling atas bangunan. Pertimbangan penggunaan sistem tangki atap antara lain

- a. Perawatan tangki atap mudah dilakukan dan sangat sederhana.
- b. Terjadinya fluktuasi tekanan pada alat plambing tidak besar. Perubahan tinggi muka air di dalam tangki memungkinkan terjadinya perubahan tekanan.
- c. Penggunaan pompa pengisi pada sistem tangki atap dapat bekerja secara otomatis. Pompa biasanya dijalankan dengan alat yang dapat mendeteksi muka air dalam tangki atap secara otomatis.

Hal terpenting yang harus diperhatikan dalam sistem ini yaitu menentukan tata letak tangki atas. Penentuan letak tangki ini berdasarkan tekanan kerja yang tinggi dan jenis alat plambing yang akan dipasang pada lantai tertinggi suatu bangunan.

2. Sistem tangki tekan

Pada sistem tangki tekan dilakukan penampungan air di tangki bawah yang selanjutnya dipompakan dalam suatu bejana tertutup dan dialirkan ke dalam sistem distribusi. Prinsip kerja sistem ini yaitu air yang ditampung pada tangki bawah dipompakan ke dalam suatu bejana tertutup yang mengakibatkan udara di dalam tangki terkompresi. Selanjutnya air yang ada dalam bejana disambungkan ke dalam sistem distribusi air yang ada pada suatu bangunan. Sistem ini bekerja menggunakan pompa yang diatur secara otomatis menggunakan alat detektor tekanan. Pompa akan berhenti bekerja apabila tekanan bejana mencapai kondisi maksimum yang ditentukan. Fluktuasi tekanan untuk gedung 2 lantai sampai 3 lantai berkisar antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm².

3. Sistem sambungan langsung

Pada sistem sambungan langsung, penyediaan air bersih dalam suatu gedung langsung tersambung dengan pipa utama penyedia air bersih. Sistem ini hanya dipakai pada perumahan dan gedung-gedung kecil yang rendah karena terbatasnya dimensi pipa dan tekanan dalam pipa utama.

Dalam pengaliran air terdapat dua macam metode pengaliran air, yaitu

1. Sistem bertekanan

Pada sistem bertekanan, pengaliran air bersih dilakukan menggunakan pompa yang bekerja secara otomatis untuk memompakan air bersih yang dikumpulkan dalam tangki keluar.

2. Sistem gravitasi

Pada sistem gravitasi, air bersih dialirkan dari tempat yang lebih tinggi ke alat plambing yang letaknya lebih rendah secara gravitasi.

2.2.2 Penaksiran Laju Air dan Penentuan Dimensi Pipa

Pipa cabang yang berdekatan dengan pipa utama diperlukan pemasangan katup pemisah. Pemasangan katup digunakan untuk membatasi laju aliran air yang ada di pipa cabang pada saat dilakukan perbaikan atau pemeliharaan sehingga tidak perlu mematikan seluruh instalasi gedung.

Penaksiran laju air dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu berdasarkan jumlah penghuni, berdasarkan unit beban alat plambing, dan berdasarkan jumlah dan jenis alat plambing (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Perencanaan plambing pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* dapat dilakukan menggunakan tiga cara, yaitu berdasarkan unit beban alat plambing dengan tiap-tiap alat plambing dinyatakan dalam unit beban alat plambing (*fixture unit*), berdasarkan jumlah penghuni, dan berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing.

1. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Unit Beban Alat Plambing (*Fixture Unit*)

Menurut SNI 03-8153-2015, unit beban alat plambing untuk penyediaan air bersih dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Unit Beban Alat Plambing

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Ukuran pipa cabang minimum ^{1,4)} (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
Bak rendam atau kombinasi bak dan shower	1/2	4,0	4,0	-
Bak rendam dengan katup 3/4 inci	3/4	10,0	10,0	-
Bidet	1/2	1,0	-	-
Pencuci pakaian	1/2	4,0	4,0	-
Unit dental	1/2	-	1,0	-
Pencuci piring, rumah tangga	1/2	1,5	1,5	-
Pancuran air minum, air pendingin	1/2	0,5	0,5	0,75
<i>Hose Bibb</i> ⁸⁾	1/2	2,5	2,5	-
<i>Hose Bibb</i> , tiap penambahan	1/2	1,0	1,0	-
Lavatory	1/2	1,0	1,0	1,0
Sprinkler halaman ⁵⁾	-	1,0	1,0	-

Perlengkapan atau peralatan ²⁾	Ukuran pipa cabang minimum ^{1,4)} (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat Berkumpul ⁶⁾ (UBAP)
Sink/Bak				
• Bar	1/2	1,0	2,0	-
• Kran klinik	1/2	-	3,0	-
• Katup gelontor klinik dengan atau tanpa kran	1	-	8,0	-
• Dapur, rumah tangga dengan atau tanpa pencuci piring	1/2	1,5	1,5	-
• Laundry	1/2	1,5	1,5	-
• Bak pel	1/2	1,5	3,0	-
• Cuci muka, tiap set kran	1/2	-	2,0	-
<i>Shower</i>	1/2	2,0	2,0	-
Urinal, katup gelontor 3,8 LPF (L/flush)	3/4	Lihat ukuran sistem penggelontor ⁷⁾		-
Urinal tangki pembilas	1/2	2,0	2,0	3,0
Pancuran cuci, <i>spraysirkular</i>	3/4	-	4,0	-
Kloset, tangki gravitasi 6 LPF (L/flush)	1/2	2,5	2,5	3,5
Kloset, tangki meter air 6 LPF (L/flush)	1/2	2,5	2,5	3,5
Kloset, katup meter air 6 LPF (L/flush)	1	Lihat ukuran sistem penggelontor ⁷⁾		-
Kloset, tangki gravitasi > 6 LPF (L/flush)	1/2	3,0	5,5	7,0
Kloset, Flushometer > 6 LPF (L/flush)	1	Lihat ukuran sistem penggelontor ⁷⁾		-

Sumber : SNI 8153 – 2015

Catatan :

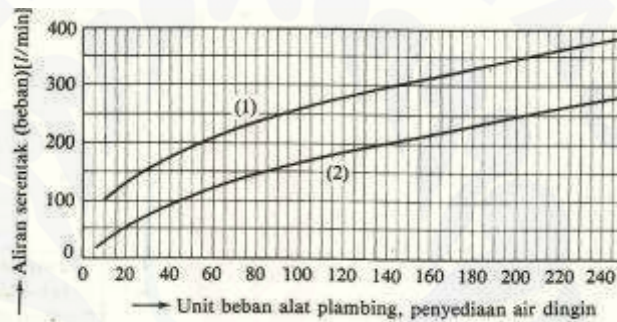
- 1) Ukuran dari pipa cabang air dingin, cabang air dingin, pipa cabang air panas atau keduanya.
- 2) Alat, peralatan, atau perlengkapan yang tidak dirujuk dalam tabel ini harus diizinkan untuk menjadi ukuran dengan mengacu pada perlengkapan yang memiliki laju aliran dan frekuensi penggunaan yang sama.
- 3) Nilai UBAP mewakili beban untuk air dingin. Nilai UBAP untuk air dingin dan air panas yang terpisah atau yang digabung harus diperbolehkan dengan mengambil nilai $\frac{3}{4}$ dari total nilai alat plambing.
- 4) Untuk alat plambing individu, ukuran minimum pipa cabang pemasok adalah ukuran nominal (ND).
- 5) Perhitungan suplai untuk aliran menerus, menentukan besaran aliran (liter/detik) dan perlu penambahan kebutuhan untuk sistem distribusi terpisah.
- 6) Penggunaan untuk tempat berkumpul.
- 7) Ukuran sistem penggelontor (*flushmeter system*), lihat Tabel 2.3.

- 8) Pengurangan UBAP untuk kran sambungan selang (*Hose Bibbs*) tambahan digunakan untuk total beban bangunan dan untuk ukuran pipa dimana lebih dari satu selang dipasang oleh segmen pipa distribusi air. Cabang peralatan plambing untuk setiap selang harus dihitung dengan 2,5 UBAP.

Tabel 2.3 Unit Beban Alat Plambing yang tidak ada dalam Tabel 2.2

Debit (L/detik)	Nilai unit alat plambing
Sampai 0,45	1
>0,45 s.d 0,9	2
> 0,9 s.d 1,8	4
> 1,8 s.d 3	6

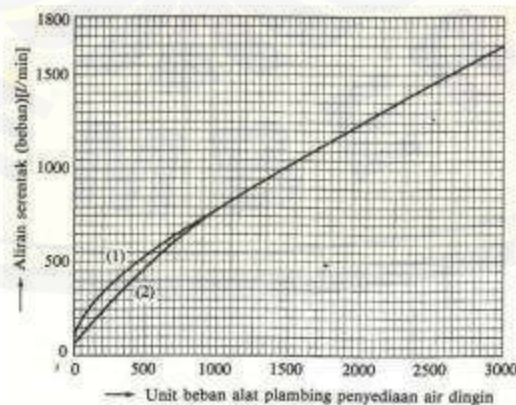
Sumber : SNI 8153 – 2015



- a. Kurva perkiraan kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 250

Gambar 2.1 Kurva Hubungan Antara UBAP dengan Laju Air

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005



- b. Kurva perkiraan kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 3000

Gambar 2.2 Kurva Hubungan Antara UBAP dengan Laju Air

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

2. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jumlah Penghuni Gedung

Dalam penentuan kebutuhan air bersih menggunakan metode ini perlu mengetahui jumlah penghuni yang akan menempati gedung selama gedung beroperasi. Penentuan jumlah penghuni gedung pada penelitian ini dilakukan berdasarkan standar menurut Neufert dan Tjahjadi (1996). Penentuan jumlah penghuni pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* dilakukan dengan 4 macam, yaitu :

- a. Ruang gerak untuk dua orang yang berada di laboratorium sebesar 5,2 m²,
- b. Ruang gerak untuk satu orang yang berada di ruang kerja sebesar 4 m²,
- c. Ruang gerak untuk satu orang yang berada di ruang pertemuan sebesar 2 m²,
- d. Ruang gerak untuk 1 orang yang berada di ruang kelas multimedia sebesar 2 m². (Neufert dan Tjahjadi, 1996).

Setelah didapatkan jumlah penghuni gedung dilanjutkan dengan penentuan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penghuni gedung. Metode ini menggunakan pemakaian air rata-rata sehari untuk setiap penghuni gedung. Kebutuhan air rata-rata per orang setiap hari dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Rata-Rata Per Orang

Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif /total (%)	Keterangan
Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
Apartemen	200-250	8-10	45-50	Mewah : 250 liter Menengah : 180 liter Bujangan : 120 liter
Asrama	120	8		Bujangan
Rumah sakit	Mewah > 1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	45-48	(setiap tempat tidur pasien) Pasien luar : 8 liter Staf/pegawai : 120 liter Keluarga pasien : 160 liter
Sekolah dasar	40	5	58-60	Guru : 100 liter
SLTP	50	6	58-60	Guru : 100 liter

Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif /total (%)	Keterangan
SLTA dan lebih tinggi	80	6		Guru/dosen : 100 liter
Rumah-toko	100-200	8		Penghuninya : 160 liter
Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai
Toserba (took serba ada, <i>department store</i>)	3	7	55-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya.
Pabrik/industri	Buruh pria : 60 Wanita : 100	8		Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari)
Stasiun/terminal	3	15		Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
Restoran	30	5		Untuk penghuni : 160 liter
Restoran umum	15	7		Untuk penghuni : 160 liter Pelayan : 100 liter 70% dari jumlah tamu perlu 15 liter/orang untuk kakus, cuci tangan, dsb.
Gedung pertunjukan	30	5	53-55	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton. Jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan.
Gedung bioskop	10	3		-idem-
Toko pengecer	40	6		Pedagang besar : 30 liter/tamu, 150 liter/staf, atau 5 liter/hari setiap m ² luas lantai.
Hotel/penginapan	250-300	10		Untuk setiap tamu, untuk staf 120-150 liter, penginapan 200 liter.
Gedung peribadatan	10	2		Didasarkan jumlah jamaah per hari.
Perpustakaan	25	6		Untuk setiap pembaca yang tinggal.
Bar	30	6		Setiap tamu
Perkumpulan sosial	30			Setiap tamu
Kelab malam	120-350			Setiap tempat duduk
Gedung perkumpulan	150-200			Setiap tamu

Jenis gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif /total (%)	Keterangan
Laboratorium	100-200	8		Setiap staf

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

3. Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing

Dalam penentuan kebutuhan air bersih menggunakan metode ini didasarkan pada pemakaian air tiap plumbing. Pemakaian air tiap plumbing dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pemakaian Air Tiap Plumbing

Nama Alat Plumbing	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali (liter)	Penggunaan per jam	Laju aliran (liter/menit)	Waktu untuk pengisian (detik)
Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5	6-12	110-180	8,2-10
Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60
Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10
Peturasn, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (4,5)	12	1,8-3,6	300
Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (4,5)	12	4,5-6,3	300
Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18
Bak cuci tangan biasa (<i>lavatory</i>)	10	6-12	15	40
Bak cuci dapur (<i>sink</i>) dengan keran 13 mm	15	6-12	15	60
Bak cuci dapur (<i>sink</i>) dengan keran 20 mm	25	6-12	25	60
Bak mandi rendam (<i>bath tub</i>)	125	3	30	250
Pancuran Mandi (<i>shower</i>)	24-60	3	12	120-300
Bak mandi gaya Jepang	Tergantung ukurannya		30	

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

Setelah diperoleh nilai pemakaian serentak sebagai pemakaian maksimum dalam liter/menit, maka penentuan kebutuhan pemakaian air pada jam puncak dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$Q_h = \frac{Q_m \text{ maks } \times 60 \text{ menit/jam}}{C_2} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

Q_h = Pemakaian air rata-rata (m^3/jam)

C_2 = Antara 3,0 sampai 4,0

(Noerbambang dan Morimura, 2005)

Untuk mengatasi kebocoran, tambahan air untuk pemanas gedung, dan penyiraman tanaman diperlukan penambahan sebesar 20% pada kebutuhan air total ($Q_{h-total}$), sehingga :

$$Q_h - total = Q_h + Q_{tambahan} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan,

$$Q_{tambahan} = Q_h \times 20\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Jangka pemakaian air rata-rata dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_d = Q_h \text{ total} \times t \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

Q_d = Pemakaian air rata-rata sehari (m^3)

$Q_{h-total}$ = Pemakaian air rata-rata total (m^3/jam)

t = Jangka waktu pemakaian (jam)

Dimensi pipa yang digunakan ditentukan berdasarkan dimensi minimal yang ada pada Tabel 2.2. Sedangkan ukuran pipa berdasarkan UBAP dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Ukuran Pipa Berdasarkan UBAP

Diameter pipa pembawa (mm)	Panjang maksimum yang dibolehkan (m)														
	12	18	24	30	46	61	76	91	122	152	183	213	244	274	305
½	6	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
¾	16	16	14	12	9	6	5	5	4	4	3	2	2	2	1
1	29	25	23	21	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6	6
1	36	31	27	25	20	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6

Diameter pipa pembawa (mm)	Panjang maksimum yang dibolehkan (m)														
	12	18	24	30	46	61	76	91	122	152	183	213	244	274	305
1 ¼	36	33	31	28	24	23	21	19	17	16	13	12	12	11	11
1 ¼	54	47	42	38	32	28	25	23	19	17	14	12	12	11	11
1 ¼	78	68	57	48	38	32	28	25	21	18	15	12	12	11	11
1 ½	85	84	79	65	56	48	43	38	32	28	26	22	21	20	20
1 ½	150	124	105	91	70	57	49	45	36	31	26	23	21	20	20
1 ½	151	129	129	110	80	64	53	46	38	32	27	23	21	20	20
2	85	85	85	85	85	85	82	80	66	61	57	52	49	46	43
2	220	205	190	176	155	138	127	120	104	85	70	61	57	54	51
2	370	327	292	265	217	185	164	147	124	96	70	61	57	54	51
2 ½	445	418	390	370	330	300	280	265	240	220	198	175	158	143	133

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

2.2.3 Tekanan Air dan Kehilangan Tekanan

Secara umum, standar tekanan air yang digunakan sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$ (Noerbambang dan Morimura, 2005). Apabila tekanan air kurang dari batas minimum menyebabkan tidak sampainya air pada alat plambing ketika pemakaian air. Sedangkan apabila tekanan air melebihi batas maksimum dapat mempercepat kerusakan alat plambing dan menimbulkan suara bising.

Menurut SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung dijelaskan bahwa persyaratan tekanan air meliputi

1. Tekanan minimum untuk sistem distribusi air minum harus direncanakan sebesar 100 kPa atau 10 m kolom air.
2. Tekanan minimum untuk setiap titik aliran keluar sebesar $0,50 \text{ kg/cm}^2$ atau 5 m kolom air. Sedangkan untuk katup penggelontor langsung tekanan minimum sebesar 1 kg/cm^2 . Serta untuk perlengkapan lain yang mensyaratkan tekanan lebih besar digunakan tekanan minimum sebesar tekanan yang diperlukan agar perlengkapan tersebut dapat bekerja dengan baik.
3. Apabila tekanan air lebih dari 5 kg/cm^2 atau 50 m kolom air harus dilengkapi katup pelepas tekan atau kran yang menutup sendiri. Selain itu juga dapat dipasang tabung udara atau alat mekanis untuk mencegah bahaya akibat tekanan, pukulan air dan suara dalam pipa yang tidak dikehendaki.

Adanya gesekan antara fluida dengan permukaan dalam pipa yang dilalui fluida atau fluida dengan fluida menyebabkan terjadinya kehilangan tekanan (H_f). Menurut Mangkudiharjo (1985) perhitungan kehilangan tekanan dapat dihitung menggunakan persamaan Hazen William :

$$H_f = \frac{L}{(0,00155 \times D^{2,63} \times C)^{1,85}} \times Q^{1,85} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

H_f = Kehilangan tekanan di sepanjang pipa lurus (m)

L = Panjang pipa (m)

Q = Debit aliran (m)

D = Diameter pipa (cm)

C = Koefisien Hazen William (130) Digunakan pipa PVC kaku

Adanya gesekan antara dinding pipa dengan zat cair maupun antara zat cair itu sendiri dapat menyebabkan terjadinya kehilangan tinggi tekanan dalam pipa (Yuwono, 1977). Kehilangan tinggi tekanan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$h = K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan :

h = Kehilangan tinggi tekanan

K = Koefisien *headloss*

$v^2/2g$ = Tinggi kecepatan

Untuk nilai koefisien *headloss* (K) pada pipa yang digunakan, katup, dan alat penyesuai dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Koefisien *Headloss* (K) pada Pipa yang Digunakan, Katup, dan Alat Penyesuai

Harga Koefisien <i>Headloss</i> (K)	
Katup Pintu	
Terbuka penuh	0,19
3/4 terbuka	1,15
1/2 terbuka	5,6
1/4 terbuka	24
Katup bola, terbuka	10
Katup sudut, terbuka	5
Bengkokan 90°	
Jari-jari pendek	0,9
Jari-jari pertengahan	0,75
Jari-jari panjang	0,6
Lengkungan pengembalian (180°)	2,2
Bengkokan 45°	0,42
Bengkokan 22 ½° (445 cm)	0,13
Sambungan T	1,25
Sambungan pengecil (katup pada ujung yang kecil)	0,25
Sambungan pembesar	$0,25 (v_1^2 - v_2^3)/2g$
Sambungan pengecil mulut lonceng	0,10
Lubang terbuka	1,80

Sumber : JMK DAKE, 1985

2.3 Perhitungan Tangki Air

Penampungan air ke dalam tangki diperlukan untuk mengatasi permasalahan dalam pendistribusian air ke alat plambing. Permasalahan yang sering terjadi yaitu letak alat plambing yang berada di tempat lebih tinggi sehingga air tidak dapat didistribusikan akibat tinggi tekanan yang tidak mencukupi.

2.3.1 Kapasitas Tangki Bawah

Tangki bawah untuk bangunan gedung lebih baik diletakkan di atas tanah dengan ketinggian antara 45 cm hingga 60 cm. Di bawah ini merupakan rumus yang menghubungkan antara kapasitas tangki bawah dengan kapasitas pipa dinas :

$$Q_d = Q_s \times T \dots\dots\dots (2.7)$$

Kapasitas tangki bawah yang digunakan untuk menampung air dapat dihitung menggunakan rumus :

$$V_{GWT} = Qd - (Qs \times T) + V_F \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan :

Q_d = Jumlah kebutuhan air per hari (m^3 /hari)

Q_s = Kapasitas pipa dinas (m^3 /jam)

T = Rata-rata pemakaian per hari (jam/hari)

V_{GWT} = Volume tangki bawah (m^3)

V_F = Cadangan air untuk pemadaman kebakaran (m^3)

2.3.2 Kapasitas Tangki Air Atas

Pada jangka waktu pemakaian puncak kebutuhan air dapat dipenuhi menggunakan tangki atas. Jangka waktu yang diperhitungkan agar jumlah air yang dapat dimasukkan oleh pompa angkat antara 10 hingga 15 menit. Keadaan ini dimulai pada saat muka air terendah tangki atas di jam puncak (Noerbambang dan Morimura, 2005).

Kapasitas tangki atas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$V_E = (Q_p - Q_{maks})T_p - Q_{pu} \times T_{pu} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

V_E = Kapasitas tangki atas (liter)

Q_p = Kebutuhan puncak (liter/menit)

Q_{maks} = Kebutuhan jam puncak (liter/menit)

Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit)

T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

T_{pu} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

2.3.3 Pemilihan Pompa

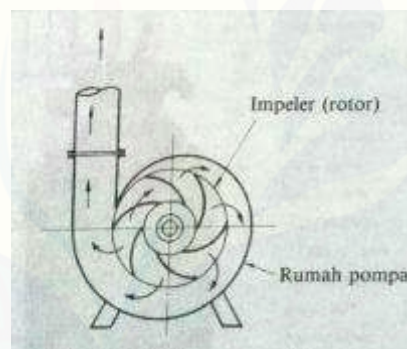
Jenis-jenis pompa yang banyak digunakan dalam penyediaan air bersih, antara lain :

1. Jenis Putar

Pompa ini memiliki kelebihan sebagai berikut, konstruksi sederhana dan mudah dioperasikan, ukurannya kecil dan ringan, dapat memonta terus menerus. Pompa jenis puar terdiri atas :

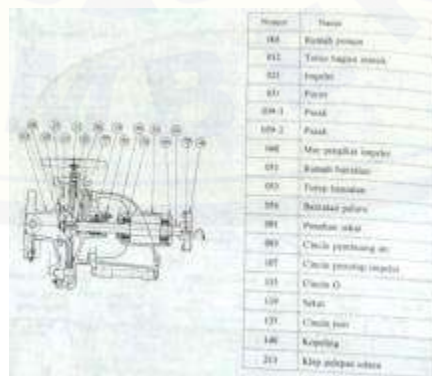
a. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal memiliki komponen utama yaitu *impeller* (bagian yang berputar) dan *stasioner* (rumah pompa). Setelah melalui *impeller*, air masuk menuju rumah pompa yang memiliki bentuk menyerupai rumah keong yang selanjutnya disalurkan ke pipa luar. Komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.3, sedangkan untuk bagian-bagian pompa sentrifugal dapat dilihat pad Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Komponen Pompa Sentrifugal

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

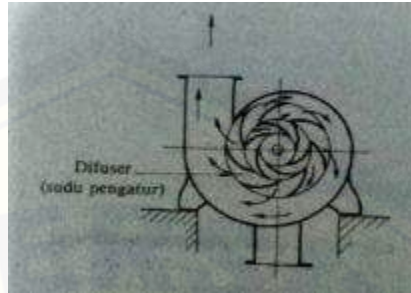


Gambar 2.4 Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

b. Pompa *diffuser* (pompa turbin)

Pompa *diffuser* atau yang lebih sering dikenal dengan pompa turbin merupakan pompa yang memiliki sudu-sudu pengarah (*diffuser*) pada rumahnya untuk mengarahkan aliran air keluar dari *impeller*. Pompa *diffuser* dapat dilihat pada Gambar 2.5.

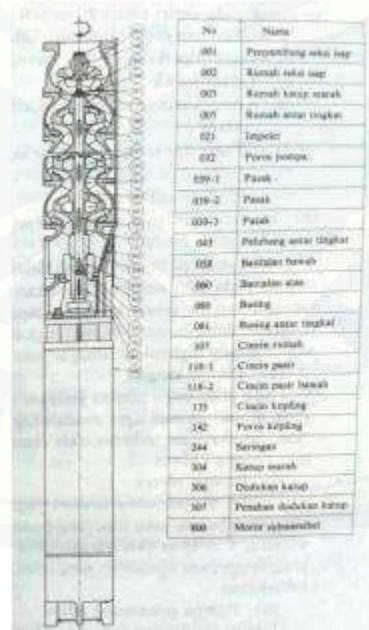


Gambar 2.5 Pompa *Diffuser*

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

c. Pompa *submersible*

Pompa *submersible* merupakan pompa dimana motor listrik dan bagian pompanya merupakan satu suatu kesatuan dan terbenam dalam air. Bagian-bagian pompa *submersible* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bagian-Bagian Pompa *Submersible*

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

2. Pompa Jenis Langkah Positif

Pompa jenis langkah positif terdiri atas :

a. Pompa torak

Gerakan bolak-balik dari torak yang ada di dalam silinder akan menimbulkan tekanan positif atau negatif pada satu sisinya. Hal ini akan menyebabkan membukanya katup keluar atau katup masuk serta mengalirkan air masuk ke dalam silinder atau keluar menuju pipa.

b. Pompa tangan

Pompa tangan memiliki prinsip kerja yang sama dengan pompa torak. Perbedaannya terletak pada konstruksinya yang dibuat khusus agar mudah digerakkan dengan tangan. Kemampuan dalam mengangkat air terbatas sesuai dengan kemampuan daya manusia.

3. Pompa Khusus

Pompa khusus terdiri atas :

a. Pompa vortex

Pompa vortex atau biasa disebut pompa kaskade merupakan pompa yang memiliki *impeller* dengan lekukan-lekukan yang dipotong pada pinggirannya yang berputar dalam suatu rumah silindris. Pompa ini memiliki ciri khas yaitu mampu memberikan tekanan yang tinggi pada laju aliran yang tidak besar. Pompa ini banyak digunakan pada perumahan atau gedung kecil. Pompa vortex dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pompa Vortex

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

b. Pompa gelembung udara

Pompa gelembung udara atau biasa disebut *air lift pump* karena air dalam pipa terangkat oleh gelembung-gelembung air sebagai akibat adanya perbedaan berat jenis air dan udara.

c. Pompa jet

Pompa jet atau biasa disebut pompa injeksi merupakan pompa yang memiliki sistem yang terdiri dari pompa sentrifugal dan *jet ejector*. Pompa ini digunakan untuk memompa sumur yang muka airnya lebih dari 10 m di bawah muka tanah.

d. Pompa bilah (*wing pump*)

Pompa bilah merupakan pompa yang digerakkan dengan tangan. Pompa ini sering digunakan untuk perumahan. Pompa ini mampu mengalirkan air sampai setinggi 60 m. Tetapi terdapat kelemahan pada *impellernya* yang makin lama makin aus, sehingga effisiensinya menurun dan kemampuan mengangkat air berkurang.

Sebelum dilakukan pemilihan pompa terlebih dahulu dilakukan perhitungan tinggi angkat pompa. Tinggi angkat pompa dapat dihitung menggunakan rumus :

$$H = H_a + H_f + H_e + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

H = Tinggi angkat total (m)

H_a = Tinggi potensial (m)

H_f = *Major losses* (m)

H_e = *Minor losses* (m)

$V^2/2g$ = Tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa (m)

Pertimbangan pemilihan pompa didasarkan pada segi ekonomisnya, yaitu keuntungan dan kerugian apabila pompa digunakan serta dapat memenuhi kebutuhan air bersih dan sesuai dengan kondisi yang direncanakan. Kondisi yang direncanakan antara lain, terpenuhinya kapasitas dan *head* pompa, air bersih

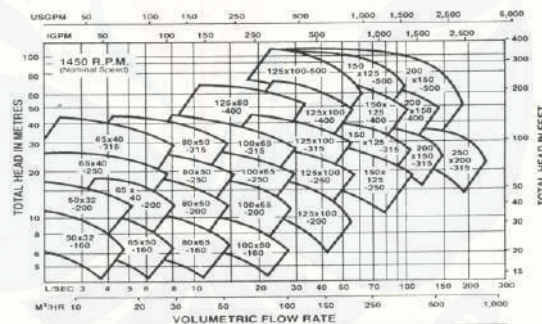
mengalir secara kontinu, pemasangan pompa dilakukan pada kedudukan tetap, konstruksi sederhana, serta harga awal dan perawatan murah. Karakteristik pompa sentrifugal dan pompa *submersible* dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Karakteristik Pompa Sentrifugal dan Pompa *Submersible*

Jenis pompa	Debit	Head	Harga
Sentrifugal	0,5 - 1,5 m ³ /menit	20 - 60 m	Lebih murah
<i>Submersible</i>	0,757 - 1,892 m ³ /menit	6 - 45 m	Lebih mahal

Sumber : Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

Berdasarkan pertimbangan sifat pompa terhadap kondisi yang direncanakan, maka dipilihlah pompa sentrifugal dalam penelitian ini karena sesuai dengan siat pompa sentrifugal, antara lain putaran poros dapat lebih tinggi, aliran fluida lebih merata, konstruksinya lebih aman dan kecil, serta perawatannya murah. Pemilihan pompa yang akan digunakan untuk mendistribusikan air dari *ground water tank* menuju *roof tank* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Grafik Pemilihan Pompa

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

2.4 Perencanaan Sistem Plambing Air Buangan

Pada sistem plambing air buangan perlu adanya penentuan jenis air buangan yang akan disalurkan dan penentuan sistem yang akan digunakan dalam penyaluran air buangan. Selain itu perlu adanya perhitungan debit air buangan, penentuan kemiringan dan kecepatan aliran pipa pembuangan serta penentuan dimensi pipa air buangan.

2.4.1 Debit Air Buangan

Di dalam sistem pembuangan gedung, air buangan yang disalurkan terbagi ke dalam tiga macam, yaitu

1. Air kotor (*black water*), yaitu air buangan yang berasal dari kloset ataupun penturasan.
2. Air bekas (*grey water*), yaitu air buangan yang berasal kegiatan manusia seperti mandi, cuci tangan, dan cuci piring.
3. Air hujan, yaitu air hujan yang jatuh ke atap ataupun halaman.

Sistem pembuangan air terbagi menjadi dua, sistem tercampur dan sistem terpisah. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode sistem terpisah. Pada bangunan gedung bertingkat, pembuangan air dengan sistem terpisah dapat digunakan. Hal ini dikarenakan tidak membuat air di dalam tangki septik cepat penuh. Karena setiap jenis air buangan pada metode ini dikumpulkan secara terpisah. Air kotor yang berasal dari kloset langsung diteruskan ke tangki septik, sementara air bekas dialirkan menuju resapan.

Debit air buangan dapat diketahui apabila kebutuhan air bersih yang dihasilkan telah diketahui. Debit air buangan merupakan hal yang pokok dalam perencanaan sistem air buangan.

Perhitungan besarnya debit buangan dapat dihitung dengan rumus :

$$Qd = (60\% - 90\%) \times qd \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan :

Qd = Debit air buangan (1/jam)

qd = Kebutuhan air bersih (1/jam)

(Tchobanoglous dkk., 2003)

2.4.2 Kemiringan dan Kecepatan Aliran Pipa Pembuangan

Penyaluran air buangan pada sistem pembuangan harus bisa menyalurkan dengan cepat terutama jika berupa kotoran padat. Pada saat mengalirkan air buangan, bagian dalam pipa biasanya tidak terisi penuh melainkan 1/3 penampang pipa dianggap kosong untuk mengalirkan udara.

Ukuran pipa untuk jalur panjang sebaiknya tidak kurang dari 50 mm dengan kecepatan aliran terbaik dalam pipa berkisar antara 0,3 hingga 1,2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan horizontal untuk diameter kurang dari atau sama dengan 75 mm dapat menggunakan kemiringan minimum 1/50, sedangkan jika diameter kurang dari atau sama dengan 100 mm digunakan kemiringan minimum 1/100 (Noerbambang dan Morimura, 2005).

2.4.3 Penentuan Pipa Air Buangan Secara Umum

Hal-hal umum

1. Ukuran minimal pipa cabang mendatar sama dengan diameter terbesar dari perangkat alat plambing.
2. Diameter minimum pipa tegak sama dengan diameter terbesar cabang mendatar yang disambungkan ke pipa tersebut.
3. Diameter pipa yang ditanam dalam tanah dan di bawah lantai minimal sebesar 50 mm.

Tabel 2.9 Diameter minimum perangkat dan pipa pembuangan alat plambing

Alat plambing	Diameter perangkat minimum (mm)	Diameter pipa buangan alat plambing minimum (mm)
Kloset	75	75
Peturasan		
• Tipe menempel dinding	40	40
• Tipe gantung di dinding	40 - 50	40 - 50
• Tipe dengan kaki, shipon jet atau <i>blow out</i>	75	75
• Untuk umum : untuk 2 orang	50	50
• Untuk umum : untuk 3 - 4 orang	65	65
• Untuk umum : untuk 5 - 6 orang	75	75
Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	32 - 40
Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>)		
• Ukuran biasa	32	32
• Ukuran kecil	5	25
Bak cuci, praktek dokter gigi, salon, dan tempat cukur	32	32 - 40
Pancuran minimum	32	32
Bak mandi		
• Berendam (<i>bath tub</i>)	40 - 50	40 - 50

Alat plambing	Diameter perangkat minimum (mm)	Diameter pipa buangan alat plambing minimum (mm)
<ul style="list-style-type: none"> Model jepang (untuk di rumah) 	40	40 – 50
<ul style="list-style-type: none"> Untuk umum 	50 - 75	50 – 75
Pancuran mandi (dalam ruang)	50	50
Bidet	32	32
Bak cuci, untuk pel	65	65
<ul style="list-style-type: none"> Ukuran besar 	75 - 100	75 - 100
Bak cuci pakaian	40	40
Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	50
Kombinasi bak cuci tangan, untuk 2 - 4 orang	40 - 50	40 - 50
Bak cuci tangan, rumah sakit	40	40 - 50
Bak cuci, laboratorium kimia	40 - 50	40 - 50
Bak cuci, macam - macam :		
<ul style="list-style-type: none"> Dapur, untuk rumah 	40 - 50	40 - 50
<ul style="list-style-type: none"> Hotel, komersial 	50	50
<ul style="list-style-type: none"> Bar 	32	32
<ul style="list-style-type: none"> Dapur kecil, cuci piring 	40 - 50	40 – 50
<ul style="list-style-type: none"> Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) untuk rumah 	40	40
<ul style="list-style-type: none"> Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) untuk restoran 	50	50
Buangan lantai (<i>floordrain</i>)	40 - 75	40 -75

Sumber : Noerbambang dan Morimura, 2005

Berikut ini langkah-langkah dalam menentukan dimensi pipa air buangan, antara lain:

1. Menentukan jalur perpipaan setiap sistem.
2. Menghitung besarnya unit beban alat plambing pada setiap jalur yang telah ditetapkan. Apabila unit alat plambing untuk aliran kontinu sistem air limbah harus dihitung pada kapasitas pengaliran dalam L/detik.
3. Menghitung nilai unit beban alat plambing kumulatif dari setiap alat plambing hingga pada alat plambing yang dekat dengan pipa tegak.
4. Menentukan diameter perangkat minimum untuk masing-masing alat plambing.

5. Menentukan diameter maksimum berdasarkan unit beban alat plambing. Apabila diameter pipa lebih kecil dari diameter perangkat minimum, diambil diameter perangkat yang sesuai standar untuk setiap alat plambing.
6. Menentukan slope atau kemiringan pada pipa masing-masing alat plambing yang menuju pipa tegak.

Tabel 2.10 Unit Beban Alat Plambing untuk Air Limbah

Perlengkapan atau peralatan	Ukuran pipa cabang 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 tegak	2	3,0	3,0	3,0
Unit dental, peludahan	1¼	-	1,0	1,0
Mesin cuci piring rumah tangga dengan saluran sendiri	1½	2,0	2,0	2,0
Pancaran air minum atau alat pendingin air	1¼	0,5	0,5	1,0
Pengrus 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> , perangkat 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	1½	-	-	-
<i>Receptor</i> , buangan tidak langsung	2	-	-	-
<i>Receptor</i> , buangan tidak langsung	3	-	-	-
Sink/Bak				
• Bar	1½	1,0	-	-
• Bar	1½	-	2,0	2,0
• Klinik	3	-	6,0	6,0
• Kran klinik	1/2	-	3,0	-
• Komersial dengan sampah makanan	1½	-	3,0	3,0

Perlengkapan atau peralatan	Ukuran pipa cabang minimum (inci)	Pribadi (UBAP)	Umum (UBAP)	Tempat berkumpul (UBAP)
<ul style="list-style-type: none"> Bak cuci dapur untuk rumah tangga dengan atau tanpa unit penggerus sisa makanan, mesin cuci piring, atau keduanya 	1½	2,0	2,0	-
<ul style="list-style-type: none"> Laundry (dengan atau tanpa pipa pelepas dari pencuci pakaian) 	1½	2,0	2,0	2,0
<ul style="list-style-type: none"> Pelayanan atau bak pel 	2	-	3,0	3,0
<ul style="list-style-type: none"> Pelayanan atau bak pel 	3	-	3,0	3,0
<ul style="list-style-type: none"> Kran pencuci, setiap set kran 	-	-	2,0	2,0
Urinal, perangkat terpadu 3,8 LPF	2	2,0	2,0	5,0
Urinal, perangkat terpadu > 3,8 LPF	2	2,0	2,0	6,0
Urinal, perangkat <i>exposed</i>	1½	2,0	2,0	5,0
Kloset, tangki gelontor 6 LPF	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, tangki pembilas 6 LPF	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, katup pembilas 6 LPF	3	3,0	4,0	6,0
Kloset, tangki gelontor > 6 LPF	3	4,0	6,0	8,0
Kloset, <i>flushometer</i> > 6 LPF	3	4,0	6,0	8,0

Sumber : SNI 8153 – 2015

Tabel 2.11 Unit Beban Alat Plumbing yang tidak ada dalam Tabel 2.8

Debit (L/detik)	Nilai unit alat plumbing
Sampai 0,45	1
>0,45 s.d 0,9	2
> 0,9 s.d 1,8	4
> 1,8 s.d 3	6

Sumber : SNI 8153 – 2015

2.5 Perencanaan Sistem Ven

Perencanaan sistem ven dilakukan untuk mencegah serangga atau gas yang berbau masuk ke dalam pipa pembuangan. Serangga atau gas yang berbau dapat masuk ke pipa karena pipa pembuangan tidak digunakan secara terus menerus.

2.5.1 Tujuan Sistem Ven

Pemasangan pipa ven dalam pipa pembuangan bertujuan untuk :

1. Tempat sirkulasi udara yang ada di dalam pipa.
2. Menjaga sekat perangkat dari efek tekanan.
3. Mempertahankan aliran di dalam pipa tetap lancar.

2.5.2 Penentuan Ukuran Pipa Ven

Ukuran pipa ven ditentukan oleh :

1. Diameter pipa ven lup dan pipa ven sirkit minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter cabang mendatar pipa buangan atau pipa tegak ven yang disambungkannya.
2. Diameter ven pipa tegak tidak boleh kurang dari pipa tegak air buangan yang dilayaninya.
3. Diameter pipa ven tunggal minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter pipa pembuangan.
4. Diameter pipa ven pelepas offset lebih besar atau sama dengan diameter pipa tegak ven atau pipa tegak air buangan (dipilih yang terkecil).
5. Diameter pipa ven yoke lebih besar atau sama dengan diameter pipa tegak ven atau pipa tegak air buangan (dipilih yang terkecil).
6. Pipa ven untuk bak penampung harus berdiameter 50 mm dalam keadaan apapun.
7. Menentukan ukuran pipa ven berdasarkan unit beban alat plambing dari pipa pembuangan yang dilayaninya dan panjang pipa ven tersebut.

Tabel 2.12 Beban Maksimum UBAP yang Diizinkan

Ukuran pipa (inci)	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6	8	10	12
Maksimum unit pipa air limbah vertikal/tegak (UBAP)	1	2	16	32	48	256	600	1380	3600	5600	8400
Horizontal (UBAP)	1	1	8	14	35	216	428	720	2640	4680	8200
Panjang maksimum pipa air limbah vertikal/tegak (m)	14	18	37	55	65	91	119	155	229		
Horizontal (tidak terbatas)											
Pipa ven horizontal dan vertikal maksimum unit (UBAP)	1	8	24	48	84	256	600	1380	3600	-	-
Panjang maksimum (m)	45	60	120	180	212	300	390	510	750	-	-

Sumber : SNI 8153 – 2015

2.6 Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran

Setiap bangunan harus dilengkapi dengan sarana jalan keluar yang dapat digunakan oleh penghuni bangunan, sehingga memiliki waktu yang cukup untuk menyelamatkan diri dengan aman tanpa terhambat hal-hal yang diakibatkan oleh keadaan darurat (Departemen Pekerjaan Umum, 2008).

2.6.1 Klasifikasi Kebakaran

Bahaya kebakaran merupakan bahaya yang diakibatkan oleh adanya ancaman potensial dan derajat terkena pancaran api sejak dari awal terjadi kebakaran hingga penjalaran api, asap, dan gas yang ditimbulkan (Departemen Pekerjaan Umum, 2008). Bahaya kebakaran perlu dilakukan klasifikasi untuk mengetahui potensi kebakaran dan jenis bahan bakar yang menjadi penyebab kebakaran. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP-186/MEN/1999, klasifikasi kebakaran berdasarkan jenis tempat kerja dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Klasifikasi Kebakaran Berdasarkan Jenis Tempat Kerja

No.	Klasifikasi Bahaya Kebakaran	Jenis Tempat Kerja
1	Bahaya Kebakaran Ringan Bahaya ini terdapat pada tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar rendah, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah, sehingga api menjalar dengan lambat.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tempat ibadah 2. Gedung/ruang perkantoran 3. Gedung/ruang pendidikan 4. Gedung/ruang perumahan 5. Gedung/ruang perawatan 6. Gedung/ruang restoran 7. Gedung/ruang perpustakaan 8. Gedung/ruang perhotelan 9. Gedung/ruang lembaga 10. Gedung/ruang rumah sakit 11. Gedung/ruang museum 12. Gedung/ruang penjara
2	Bahaya Kebakaran Sedang Kelas I Bahaya ini terdapat pada tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, tinggi bahan yang ditimbun tidak lebih dari 2,5 m dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga api menjalar dengan sedang.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tempat parkir 2. Pabrik elektronika 3. Pabrik roti 4. Pabrik barang gelas 5. Pabrik minuman 6. Pabrik permata 7. Pabrik pengalengan 8. Binatu 9. Pabrik susu
3	Bahaya Kebakaran Sedang Kelas II Bahaya ini terdapat pada tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, tinggi bahan yang ditimbun tidak lebih dari 4 m dan apabila terjadi kebakaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggilingan padi 2. Pabrik bahan makanan 3. Percetakan dan penerbitan 4. Bengkel mesin 5. Gudang pendinginan

No.	Klasifikasi Bahaya Kebakaran	Jenis Tempat Kerja
	melepaskan panas sedang, sehingga api menjalar dengan sedang.	<ol style="list-style-type: none"> 6. PerakitaPengolahan kayu 7. Gudang perpustakaan 8. Pabrik barang keramik 9. Pabrik tembakau 10. Pengolahan logam 11. Penyulingan 12. Pabrik barang kelontong 13. Pabrik barang kulit 14. Pabrik tekstil 15. Perakitan kendaraan bermotor 16. Pabrik kimia (bahan kimia dengan kemudahan terbakar sedang)
4	Bahaya Kebakaran Sedang Kelas III Bahaya ini terdapat pada tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas tinggi, sehingga api menjalar dengan cepat.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ruang pameran 2. Pabrik permadani 3. Pabrik makanan 4. Pabrik sikat 5. Pabrik ban 6. Pabrik karung 7. Bengkel mobil 8. Pabrik sabun 9. Pabrik tembakau 10. Pabrik lilin 11. Studio dan pemancar 12. Pabrik barang plastik 13. Pergudangan 14. Pabrik pesawat terbang 15. Pertokoan dengan pramuniaga lebih dari 50 orang 16. Pengrajin dan pengolahan kayu 17. Pabrik makanan kering dari bahan tepung 18. Pabrik minyak nabari 19. Pabrik tepung terigu
5	Bahaya Kebakaran Berat Bahaya ini terdapat pada tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, menyimpan bahan cair, serat atau bahan lainnya, dan apabila terjadi kebakaran api cepat membesar dengan melepas panas tinggi, sehingga api menjalar dengan cepat.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pabrik kimia dengan kemudahan terbakar tinggi 2. Pabrik kembang api 3. Pabrik korek api 4. Pabrik cat 5. Pabrik bahan peledak 6. Pemintalan benang atau kain 7. Pengrajin kayu dan penyelesaiannya menggunakan bahan mudah terbakar 8. Studio film dan televisi 9. Pabrik karet buatan 10. Hanggar pesawat terbang 11. Penyulingan minyak bumi 12. Pabrik karet busa dan plastik busa

Sumber : Permenaker Nomor KEP-186/MEN/1999

2.6.2 Kebutuhan Air pada *Sprinkler*

Sprinkler merupakan suatu alat pemancar air yang digunakan dalam proses pemadaman kebakaran yang memiliki tudung berbentuk *deflector* pada ujung mulut pancarnya, sehingga air dapat memancar ke semua arah secara merata. Dalam penentuan kebutuhan air untuk *sprinkler* perlu mengetahui jumlah kepala *sprinkler* terlebih dahulu. Jumlah kebutuhan kepala *sprinkler* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\sum \text{kepala sprinkler} = \frac{\text{Luas ruangan}}{25} \dots\dots\dots (2.12)$$

Setelah didapat jumlah kepala *sprinkler*, dapat dilakukan perhitungan kapasitas pancaran perkepala *sprinkler*. Kapasitas pancaran perkepala *sprinkler* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q = K \times P \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan :

Q = Kapasitas pancaran (liter/menit)

P = Tekanan air di kepala *sprinkler* (kg/cm²)

K = Kostanta, ditentukan oleh ukuran nominal lubang kepala *sprinkler*

Besar nilai konstanta yang digunakan pada perhitungan kapasitas pancaran dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Kapasitas Pancaran

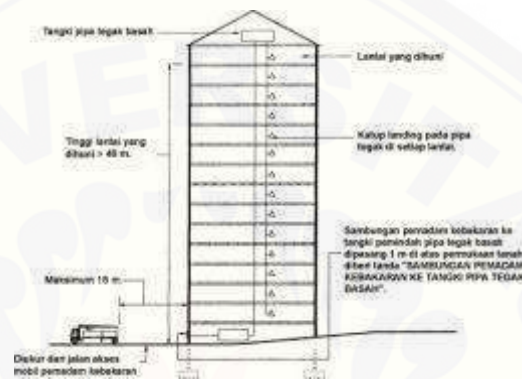
Jenis bahaya kebakaran	Ukuran nominal lubang kepala <i>sprinkler</i> (mm)	Konstanta K
Ringan	10	57 + 5%
Sedang		
• Kelas I	15	80 + 5%
• Kelas II	15	80 + 5%
• Kelas III	15	80 + 5%
Berat	20	115 + 5%

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2008

2.6.3 Kebutuhan Air pada *Hydrant*

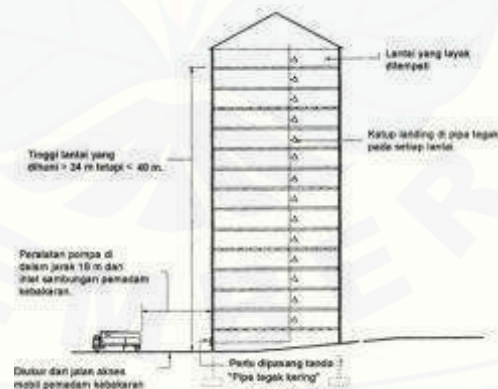
Hydrant merupakan alat yang dilengkapi dengan slang dan mulut pancar untuk mengalirkan air bertekanan yang digunakan bagi keperluan pemadaman

kebakaran. Dalam bangunan dilengkapi pipa tegak untuk mengalirkan air ke *hydrant*. Pipa tegak tersebut terdiri atas 2 jenis, yaitu pipa tegak kering dan pipa tegak basah. Pipa tegak kering harus dipasang dalam bangunan yang tingginya lebih dari 24 m tetapi kurang dari 40 m, sedangkan pipa basah harus dipasang dalam bangunan yang tingginya lebih dari 40 m. Posisi pipa tegak harus ditempatkan terutama pada posisi di dalam lobi stop asap, dalam daerah umum dan di dalam saf yang terlindung, di luar tangga eksit serta di dalam tangga eksit jika tidak ada lobi asap dan daerah umum.



Gambar 2.9 Sistem Pipa Tegak Basah

Sumber : SNI 03-1735-2000



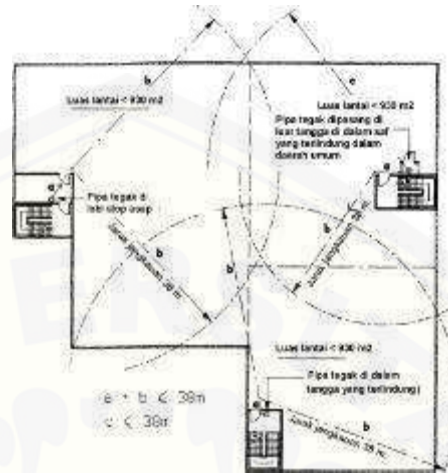
Gambar 2.10 Sistem Pipa Tegak Kering

Sumber : SNI 03-1735-2000

Menurut SNI 03-1735-2000, penentuan jumlah pipa tegak yang disyaratkan terdiri atas :

a. Lantai yang dihuni di atas 24 m

Setiap pipa tegak harus melayani tiap luas ruangan tidak lebih dari 930 m² dari setiap lantai yang ada dalam jangkauan 38 m dari katup landing.

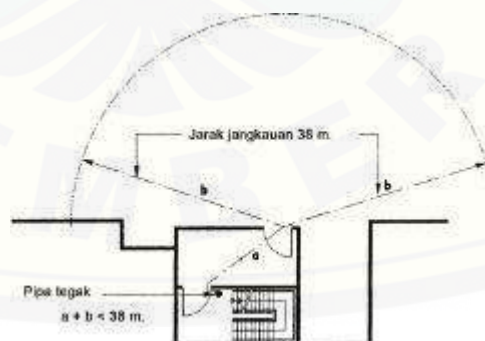


Gambar 2.11 Penentuan Pipa Tegak pada Bangunan lebih dari 24 m

Sumber : SNI 03-1735-2000

b. Lantai yang dihuni di bawah 24 m

Pipa tegak dari setiap lantai berada dalam jangkauan 38 m dari katup landing dan diukur sepanjang rute yang sesuai untuk pipa slang termasuk setiap jarak naik atau turun tangga.



Gambar 2.12 Penentuan Pipa Tegak pada Bangunan kurang dari 24 m

Sumber : SNI 03-1735-2000

Kebutuhan air pada 1 unit *hydrant* sebesar 400 liter/menit, sehingga kebutuhan air untuk *hydrant* pada suatu gedung adalah :

$$\text{Kebutuhan air} = \sum \text{hydrant} \times 400 \text{ liter/menit} \dots \dots \dots (2.14)$$

2.6.4 Pipa Tegak

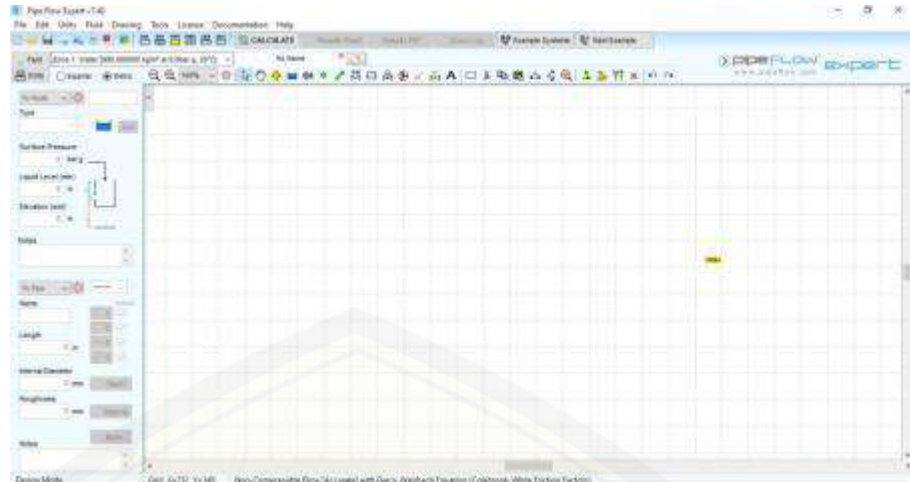
Menurut SNI 03-1745-2000 tentang Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung dijelaskan bahwa di setiap tangga kebakaran yang disyaratkan harus dilengkapi dengan pipa tegak tersendiri. Apabila dua atau lebih pipa tegak dipasang pada bangunan yang sama atau bagian bangunan yang sama, pipa-pipa tegak ini harus saling dihubungkan pada bagian bawahnya.

Ukuran pipa tegak untuk sistem kelas I dan kelas III harus berukuran sekurang-kurangnya 100 mm (4 inci). Sedangkan pipa tegak yang merupakan bagian dari sistem kombinasi harus berukuran sekurang-kurangnya 150 mm (6 inci). Untuk bangunan yang seluruhnya dilengkapi dengan springkler, dan mempunyai kombinasi sistem pipa tegak yang dihitung secara hidraulik, ukuran minimum pipa tegaknya adalah 100 mm (4 inci)

2.7 *Software Pipe Flow Expert*

Dalam penelitian ini menggunakan *software pipe flow expert* untuk memudahkan penggambaran dan analisis jaringan sistem perpipaan. *Pipe flow expert* merupakan perangkat lunak komputer untuk melakukan pemodelan sistem perpipaan. *Pipe flow expert* dapat digunakan untuk Menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa loop terbuka atau tertutup dengan beberapa tangki atau reservoir, beberapa pompa secara seri atau paralel, dan beberapa ukuran pipa dan *fitting*, *pipe flow expert* akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa di sepanjang pipa. Tahapan pengoperasian *pipe flow expert* adalah sebagai berikut :

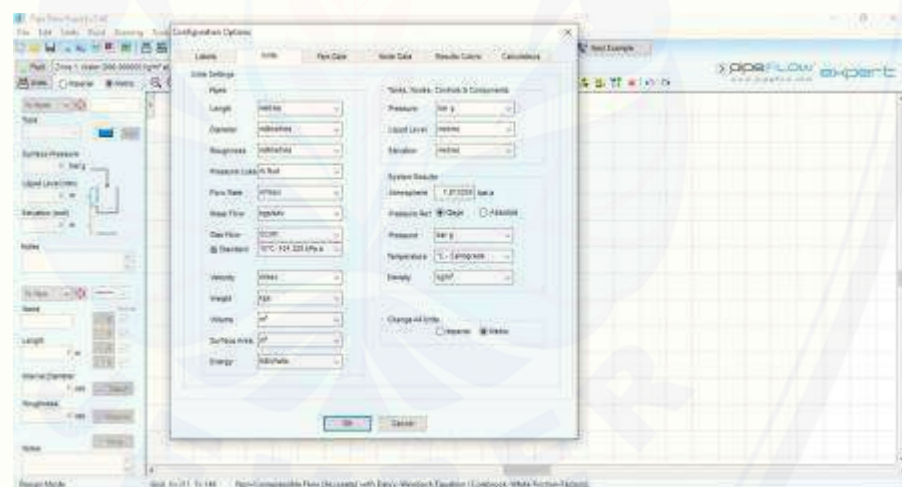
1. Membuat *file* baru dengan format(.pfe),
 - a. Klik *File > New* akan muncul tampilan seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Tampilan *File Baru*

Sumber : *Pipe Flow Expert*

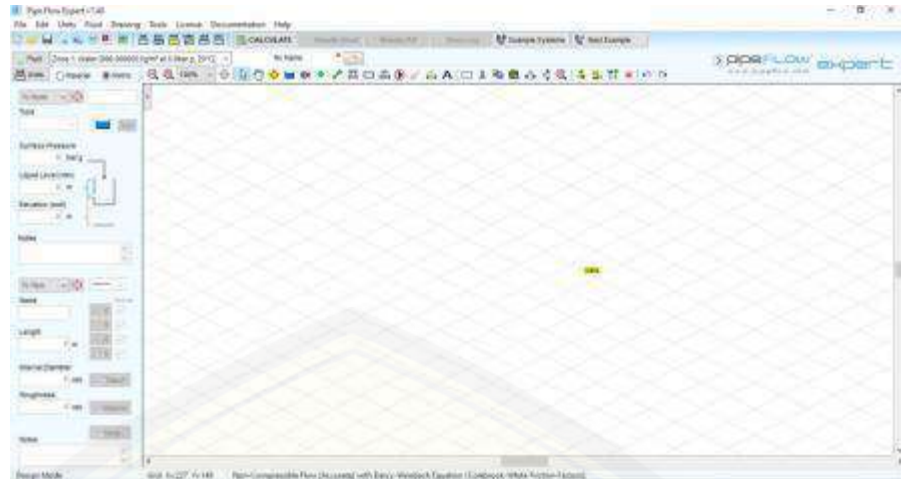
- b. Klik menu *Units > Specify Units >* Pada bagian *Change All Units* bisa pilih *imperial* atau *metric* sesuai dengan satuan pada data yang akan dimasukkan pada *software* ini > *Ok*. Tampilan *configuration options* dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Tampilan *Configuration Options*

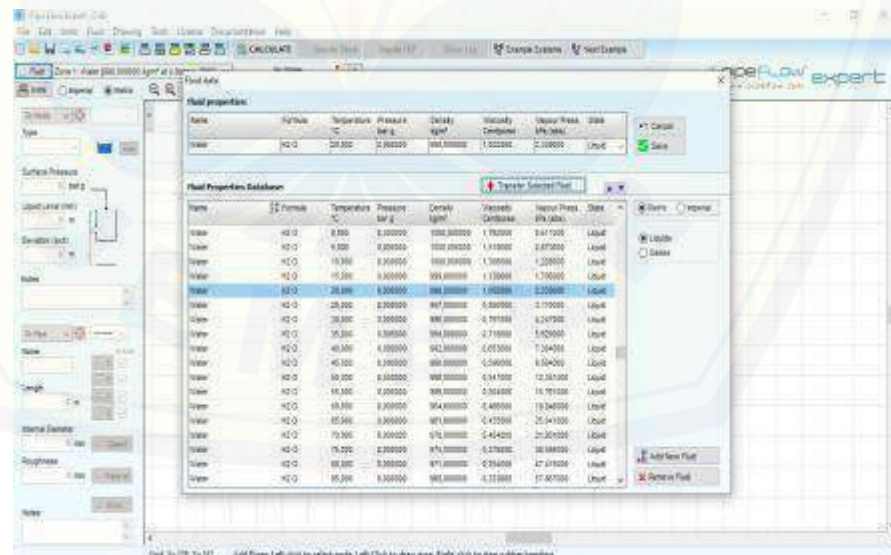
Sumber : *Pipe Flow Expert*

- c. Klik menu *Drawing > Set Isometric Drawing Mode*. Tampilan *isometric drawing mode* dapat dilihat pada Gambar 2.15. Pada gambar 2.13 merupakan tampilan *standart drawing mode*.

Gambar 2.15 Tampilan *Isometric Drawing Mode*

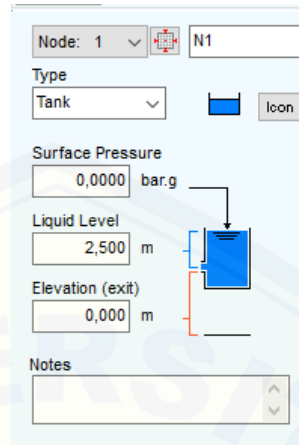
Sumber : *Pipe Flow Expert*

- d. Menyimpan lembar kerja pada menu *File > Save > pilih lokasi > beri nama > Save*.
2. Menggambar *lay out* jaringan,
 - a. Pemilihan Jenis fluida, klik ikon *Fluid > Chang Fluid > pilih jenis fluida yang akan digunakan > klik Transfer Selected Fluid > klik Save*. Tampilan *fluid data* dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Gambar 2.16 Tampilan *Fluid Data*

Sumber : *Pipe Flow Expert*

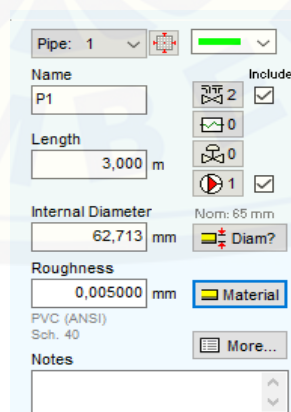
- b. Menempatkan tangki, klik ikon *Add Tank* > tempatkan tangki pada lembar kerja > mengubah data tangki pada kotak dialog tangki. Tampilan kotak dialog tangki dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Tampilan Kotak Dialog Tangki

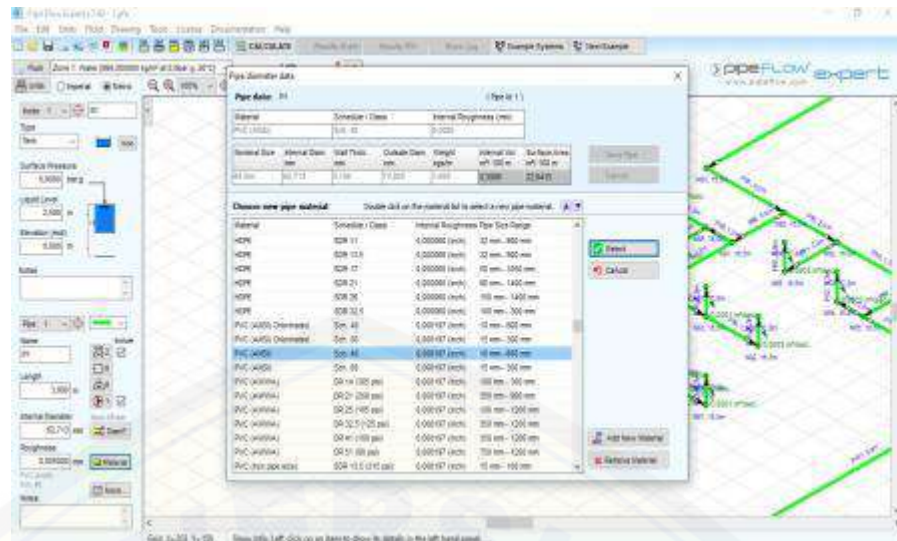
Sumber : Pipe Flow Expert

- c. Menempatkan pipa, klik ikon *Add Pipes* > tempatkan pipa pada lembar kerja > mengubah material pipa pada kotak dialog pipa. Tampilan kotak dialog pipa dapat dilihat pada Gambar 2.18 > pilih material pipa yang akan digunakan > klik *Select*. Tampilan *pipe material* dapat dilihat pada Gambar 2.19 > pilih diameter pipa yang akan digunakan > klik *Transfer Selected Size* > klik *Save*. Tampilan *diameter data* dapat dilihat pada Gambar 2.20 > ubah panjang pipa sesuai kebutuhan panjang pipa pada kotak dialog pipa.

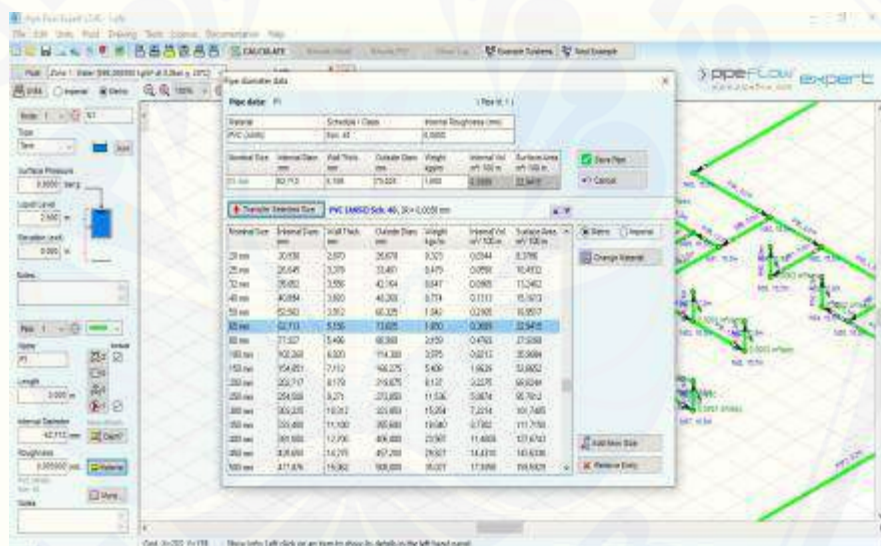


Gambar 2.18 Tampilan Kotak Dialog Pipa

Sumber : Pipe Flow Expert

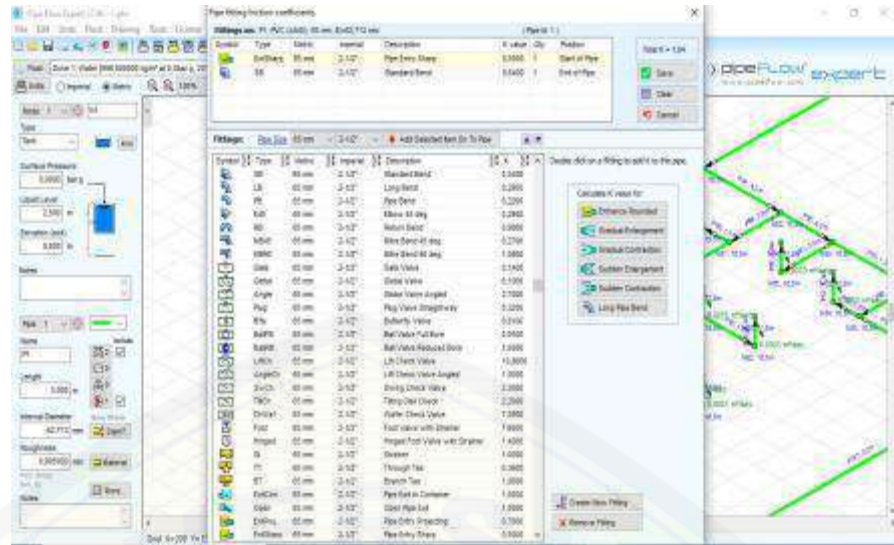
Gambar 2.19 Tampilan *Pipe Material*

Sumber : Pipe Flow Expert

Gambar 2.20 Tampilan *Diameter Data*

Sumber : Pipe Flow Expert

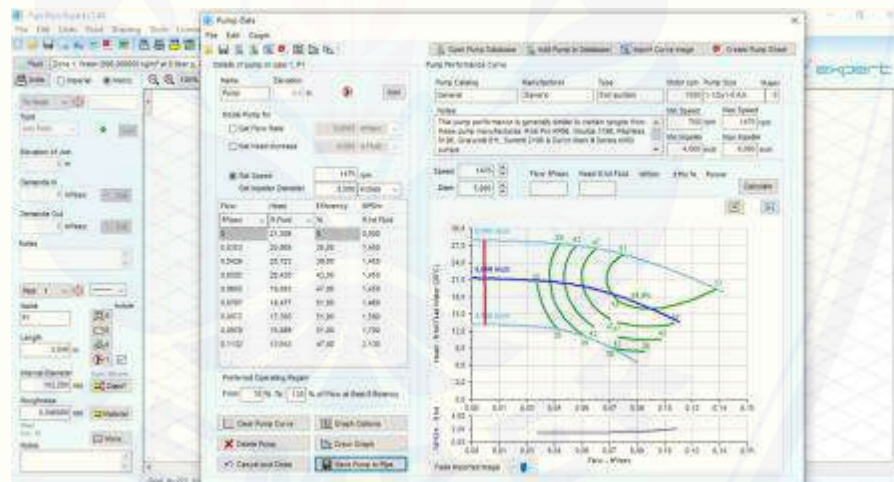
- d. Menambahkan komponen pipa, klik ikon *Add Fittings* > klik *fittings* yang akan digunakan > klik *Add Selected Item on To Pipe* > pilih *Position start of pipe* atau *end of pipe* > klik *Save*. Tampilan komponen pipa dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Tampilan Komponen Pipa

Sumber : Pipe Flow Expert

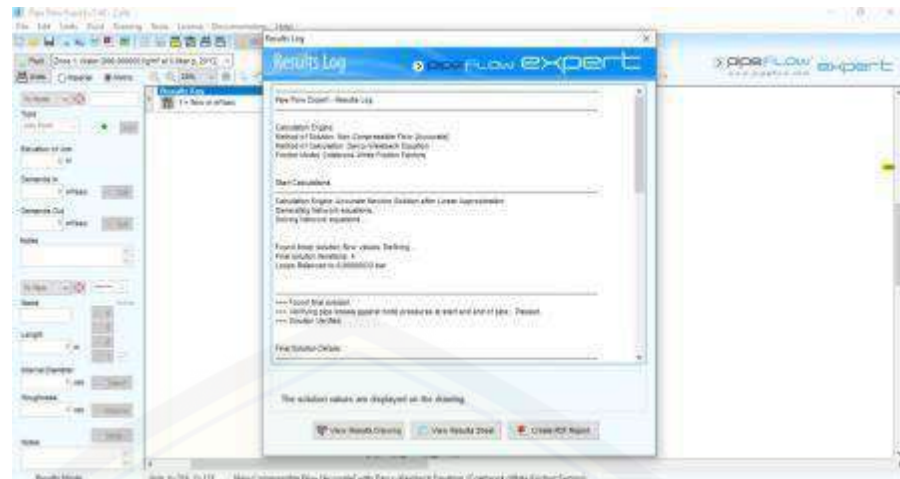
- e. Menambahkan pompa, klik ikon *Add Pump* > klik *Open Pump Database* > pilih pompa yang akan digunakan > klik *Select* > klik *Save Pump to Pipe*. Tampilan *pump data* dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22 Tampilan Pump Data

Sumber : Pipe Flow Expert

3. *Running* jaringan yang sudah digambar
- Klik ikon *Calculate* > cek peringatan pada tampilan *Result Log*. Tampilan *result log* dapat dilihat pada Gambar 2.23.

Gambar 2.23 Tampilan *Result Log*

Sumber : Pipe Flow Expert

- b. Klik *View Result Sheet* > cek hasil setiap pipa dan node. Apabila terdapat warna merah pada *Pipe Id* atau *Node Id* dapat dilakukan perubahan pada pipa dan node tersebut. Tampilan *result sheet* dapat dilihat pada Gambar 2.24.

Pipe ID	Pipe Name	Fluid	Material	Diameter	Length	Pipe Pressure	Velocity	Friction Loss	Energy	Loss	Loss	Loss	Loss
1	Pipe1 (20°C w.s.)	30 mm PVC (400)	42.713	0.000	1.0000	0.0000	1.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	Pipe2 (20°C w.s.)	40 mm PVC (400)	42.713	2.500	0.0000	1.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	Pipe3 (20°C w.s.)	50 mm PVC (400)	42.713	37.500	0.0000	1.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
4	Pipe4 (20°C w.s.)	50 mm PVC (400)	42.713	3.000	0.0000	1.714	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
5	Pipe5 (20°C w.s.)	100 mm PVC (400)	153.001	0.000	17.0000	3.0176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
6	Pipe6 (20°C w.s.)	100 mm PVC (400)	153.001	0.000	17.0000	3.0176	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
7	Pipe7 (20°C w.s.)	75 mm PVC (400)	52.002	0.000	2.7000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	Pipe8 (20°C w.s.)	30 mm PVC (400)	52.002	0.000	2.7000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
9	Pipe9 (20°C w.s.)	40 mm PVC (400)	40.004	0.000	1.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	Pipe10 (20°C w.s.)	40 mm PVC (400)	40.004	0.000	1.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
11	Pipe11 (20°C w.s.)	20 mm PVC (400)	30.000	0.000	0.5000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
12	Pipe12 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
13	Pipe13 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
14	Pipe14 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
15	Pipe15 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16	Pipe16 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	Pipe17 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
18	Pipe18 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19	Pipe19 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	Pipe20 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
21	Pipe21 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22	Pipe22 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
23	Pipe23 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
24	Pipe24 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
25	Pipe25 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
26	Pipe26 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
27	Pipe27 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
28	Pipe28 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
29	Pipe29 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
30	Pipe30 (20°C w.s.)	15 mm PVC (400)	15.789	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Gambar 2.24 Tampilan *Result Sheet*

Sumber : Pipe Flow Expert

2.8 Penelitian Terdahulu

Pemilihan teori dan sumber yang mendukung dilakukan dengan pengumpulan studi literatur sebagai acuan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur terkait penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Penelitian Terdahulu

Nama Penulis (Tahun)	Tujuan	Metode	Hasil
Mahardika (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kesesuaian laju aliran dengan persyaratan minimum yang ada di SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. 2. Mengetahui kesesuaian tekanan fluida dengan persyaratan minimum yang ada di SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. 3. Mengetahui kesesuaian kecepatan aliran dengan persyaratan minimum yang ada di SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. 4. Mengetahui jenis aliran di dalam pipa. 	Pemodelan menggunakan <i>Pipe Flow Expert</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Laju aliran belum memenuhi persyaratan minimum yang ada di SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. 2. Tekanan fluida belum memenuhi persyaratan minimum yang ada di SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. 3. Kecepatan aliran memenuhi persyaratan SNI 03-7065-2005. 4. Jenis aliran fluida di dalam pipa adalah aliran turbulen dengan $Re > 4000$.
Riyanti, A., Marhadi., Saputra, N. (2018)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan kebutuhan air rata – rata. 2. Menentukan diameter pipa air bersih yang dibutuhkan. 3. Menentukan kapasitas <i>rooftank</i> yang dibutuhkan. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan jalur instalasi perpipaan. 2. Perhitungan kebutuhan air bersih berdasarkan unit beban. 3. Perhitungan dimensi pipa. 4. Perhitungan kapsitas <i>roof tank</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebutuhan air rata – rata sebesar 34,2 m³/hari. 2. Diameter pipa air bersih yang dibutuhkan sebesar 50 – 65 mm. 3. Kapasitas <i>roof tank</i> yang dibutuhkan untuk menampung air bersih sebesar 7600 liter.
Putrianti, D., Pratama, Y., Handayani, D. (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan total air buangan. 2. Menentukan diameter pipa air kotor (<i>black water</i>) dan pipa air bekas (<i>grey water</i>). 3. Menentukan total anggaran biaya. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan jalur instalasi perpipaan. 2. Perhitungan total air buangan. 3. Perhitungan dimensi pipa. 4. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Total air buangan sebesar 614,09 m³/hari. 2. Diameter pipa air kotor (<i>black water</i>) sebesar 50 – 150 mm, sedangkan diameter pipa air bekas (<i>grey water</i>) sebesar 50 – 65 mm. 3. Total anggaran biaya sebesar Rp 999.843.338,62-.

Nama Penulis (Tahun)	Tujuan	Metode	Hasil
Suhardiyanto. (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan pompa yang akan digunakan. 2. Menentukan kapasitas pengaliran. 3. Menentukan <i>head</i> pompa transfer. 4. Menentukan NPSHa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penentuan jalur instalasi perpipaan. 2. Perhitungan dimensi pipa yang digunakan. 3. Pembuatan gambar instalasi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Digunakan pompa transfer untuk mengalirkan air dari bak air bawah menuju bak air atas. 2. Kapasitas pengaliran yang dihasilkan sebesar 0,249 m³/menit. 3. <i>Head</i> pompa transfer yang dihasilkan sebesar 41,327 m. 4. NPSHa yang dihasilkan sebesar 6,63 m.
Affiandi, J., Pharmawati, K., Nurprabowo, A. (2016)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan kebutuhan air bersih. 2. Menentukan kapasitas tangki atas dan tangki bawah. 3. Menentukan diameter pipa mendatar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perhitungan kebutuhan air bersih. 2. Perhitungan kapasitas tangki atas dan tangki bawah untuk kelas satu dan dua. 3. Perhitungan dimensi pipa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebutuhan air bersih sebesar 79 m³/hari. 2. Kapasitas tangki atas untuk kelas satu dan dua sebesar 5,4 m³ dan 10,47 m³, sedangkan kapasitas tangki bawah untuk kelas satu dan dua sebesar 79 m³ dan 67 m³. 3. Diameter pipa mendatar berdasarkan perhitungan sebesar 20 – 80 mm, sedangkan diameter pipa tegak berdasarkan perhitungan sebesar 50 – 80 mm.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*. Lokasi penelitian bertempat di Jl. Kalimantan No. 37 (Kampus Bumi Tegal Boto Universitas Jember). Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Juli 2019 – November 2019.



Gambar 3.1 Tempat Penelitian

Sumber : Google Maps

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan yang akan dilakukan dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data, dan tahapan pemodelan jaringan pipa menggunakan *software pipe flow expert*.

3.2.1 Tahapan Pengumpulan Data

Pengambilan data yang dikumpulkan merupakan data sekunder dari kontraktor proyek gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*. Data yang didapatkan berupa denah tiap lantai gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology*.

3.2.2 Tahapan Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data meliputi

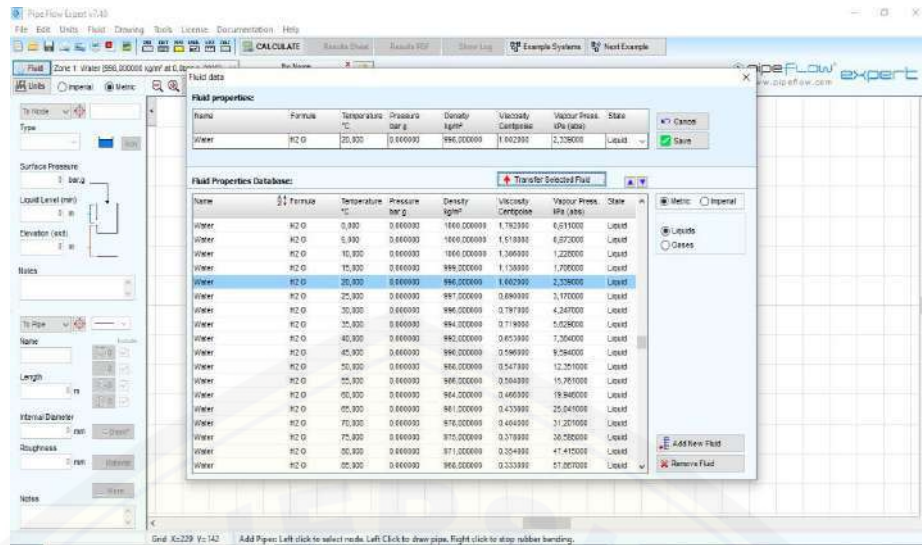
1. Analisis sistem plambing untuk kebutuhan air bersih
 - a. Menghitung jenis dan jumlah alat plambing.
 - b. Menghitung kebutuhan air bersih.
 - c. Menentukan dimensi pipa yang akan digunakan.
 - d. Menghitung kapasitas tangki.
 - e. Menggambar isometri sistem plambing untuk kebutuhan air bersih.
2. Analisis sistem plambing untuk penyaluran air buangan dan ven
 - a. Menghitung jenis dan jumlah alat plambing.
 - b. Menghitung debit air buangan.
 - c. Menentukan dimensi pipa yang akan digunakan.
 - d. Menentukan dimensi pipa sistem ven yang akan digunakan.
 - e. Menggambar isometri sistem plambing untuk penyaluran air buangan.
3. Analisis sistem plambing *fire hydrant* :
 - a. Menghitung kebutuhan air pada *hydrant*.
 - b. Menentukan dimensi pipa yang akan digunakan.
 - c. Menggambar isometri sistem plambing *fire hydrant*.

3.2.3 Tahapan Pemodelan Jaringan Pipa dengan *Software Pipe Flow Expert*

Tahapan ini merupakan pemodelan jaringan pipa yang dilakukan secara komputasi menggunakan alat bantu *software Pipe Flow Expert*. Pemodelan ini dilakukan untuk mengalirkan air yang melalui pipa dengan debit yang sudah didapat pada perhitungan dan dimensi pipa yang didapat pada perhitungan. Merancang sistem perpipaan dengan menggunakan *software pipe flow expert* harus melalui langkah-langkah diantaranya

1. Pemilihan Jenis fluida

Fluida yang digunakan yaitu Air dengan temperatur 20° C, kekentalan 998 kg/m³.

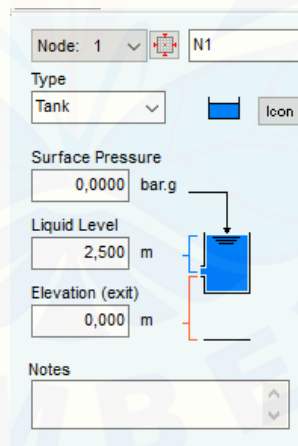


Gambar 3.2 Pemilihan Jenis Fluida

Sumber : Pipe Flow Expert

2. Menempatkan tangki

Untuk menyimpan air yang nantinya air tersebut mengalir melalui suatu jaringan perpipaan yang telah dirancang dan untuk menentukan *elevation* dari dasar tangki ke jaringan perpipaan.



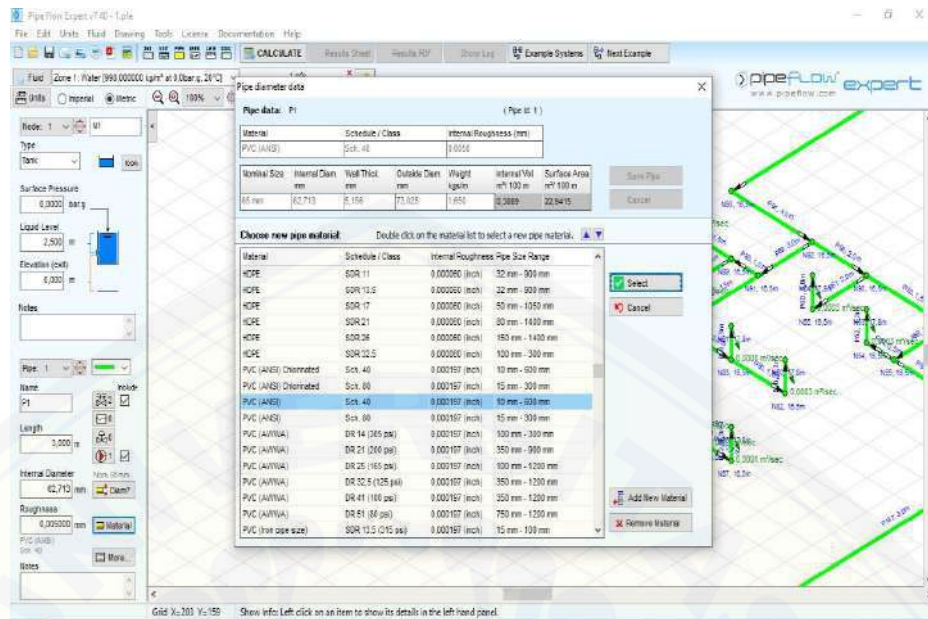
Gambar 3.3 Menempatkan Tangki

Sumber : Pipe Flow Expert

3. Pemilihan material pipa

Material yang digunakan adalah pipa PVC ($e = 0.005$ mm) *schedule 40*. Merupakan material pipa yang umum digunakan untuk air bersih.

Perhitungan *head loss* merupakan penjumlahan antara *head loss mayor* dengan *head loss minor*.

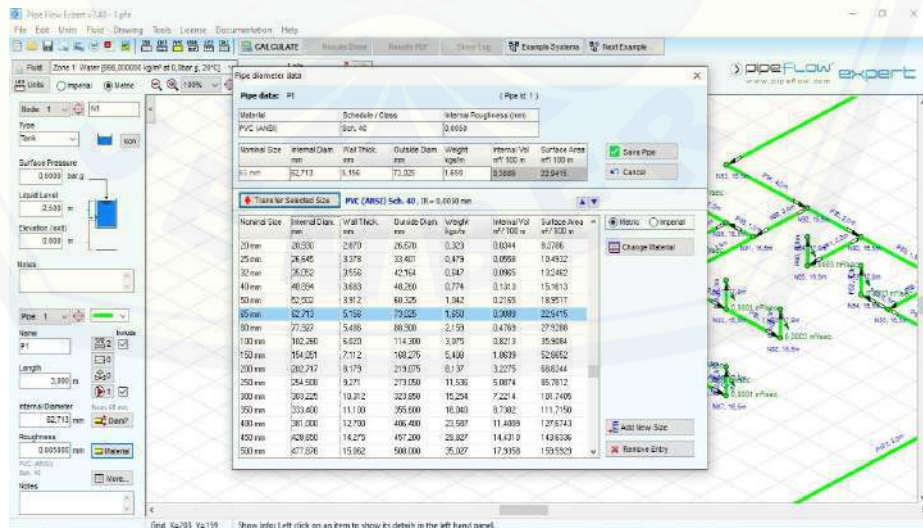


Gambar 3.4 Pemilihan Material

Sumber : *Pipe Flow Expert*

4. Pemilihan diameter pipa

Pemilihan diameter pipa dapat menggunakan *software pipe data pro*. Pemilihan diameter pipa untuk menentukan hasil perhitungan kecepatan aliran (*velocity*).

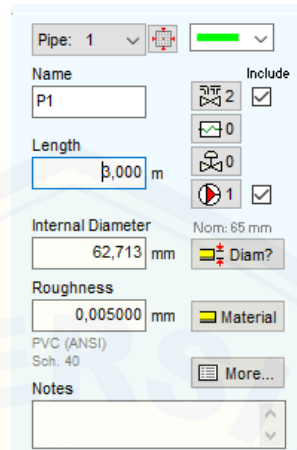


Gambar 3.5 Pemilihan Diameter Pipa

Sumber : *Pipe Flow Expert*

5. Panjang pipa

Panjang dari suatu pipa ditentukan dari tempat dan kondisi perancangan tersebut.

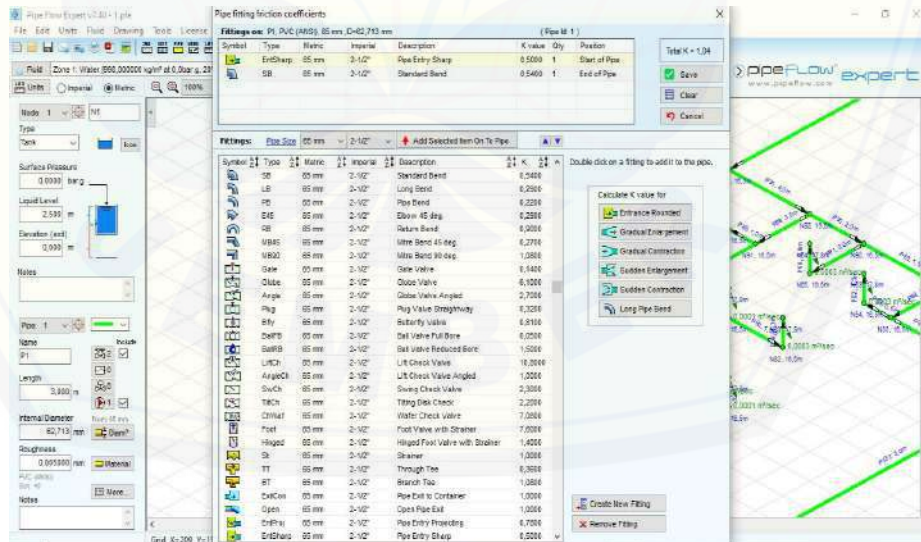


Gambar 3.6 Panjang Pipa

Sumber : Pipe Flow Expert

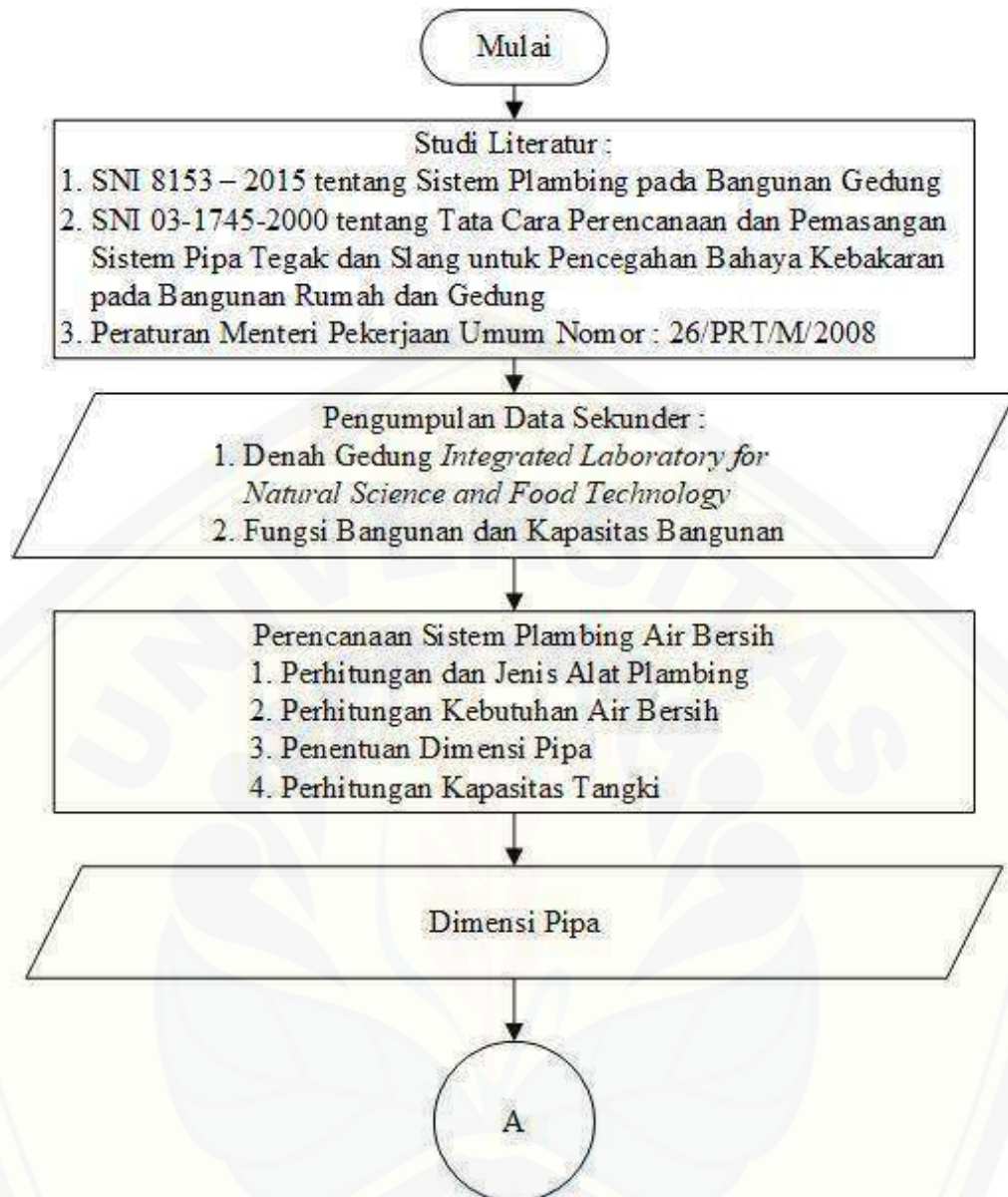
6. Pemilihan komponen pipa (*Elbow, Branch Tee, Ball Valve, Tap, dll*)

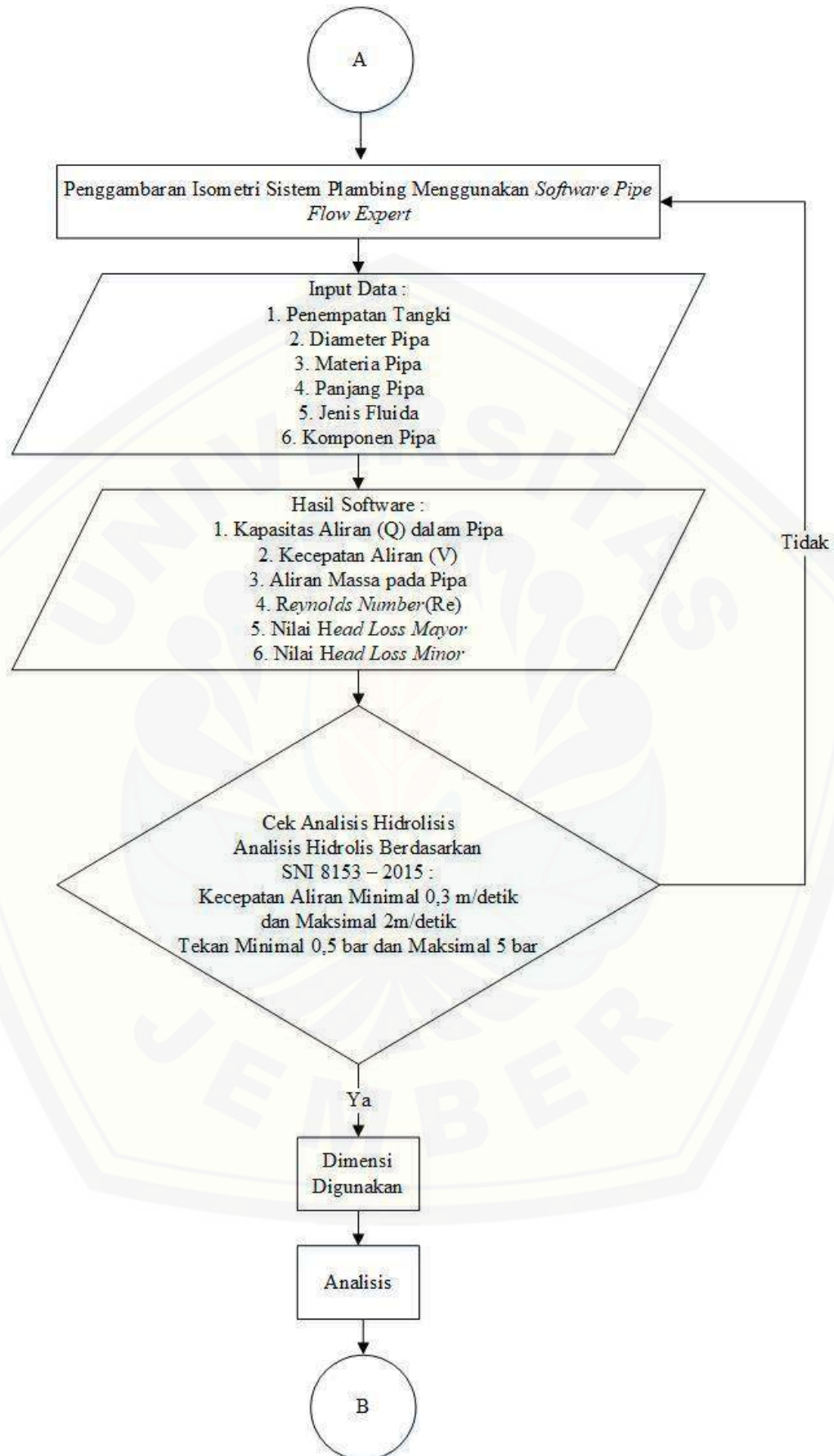
Komponen dapat berperan penting dalam suatu instalasi sistem perpipaan dimana nantinya pipa tersebut tidak selalu lurus dan rata, maka dari itu mesti dipasang *elbow* untuk membelokkan pipa tersebut.

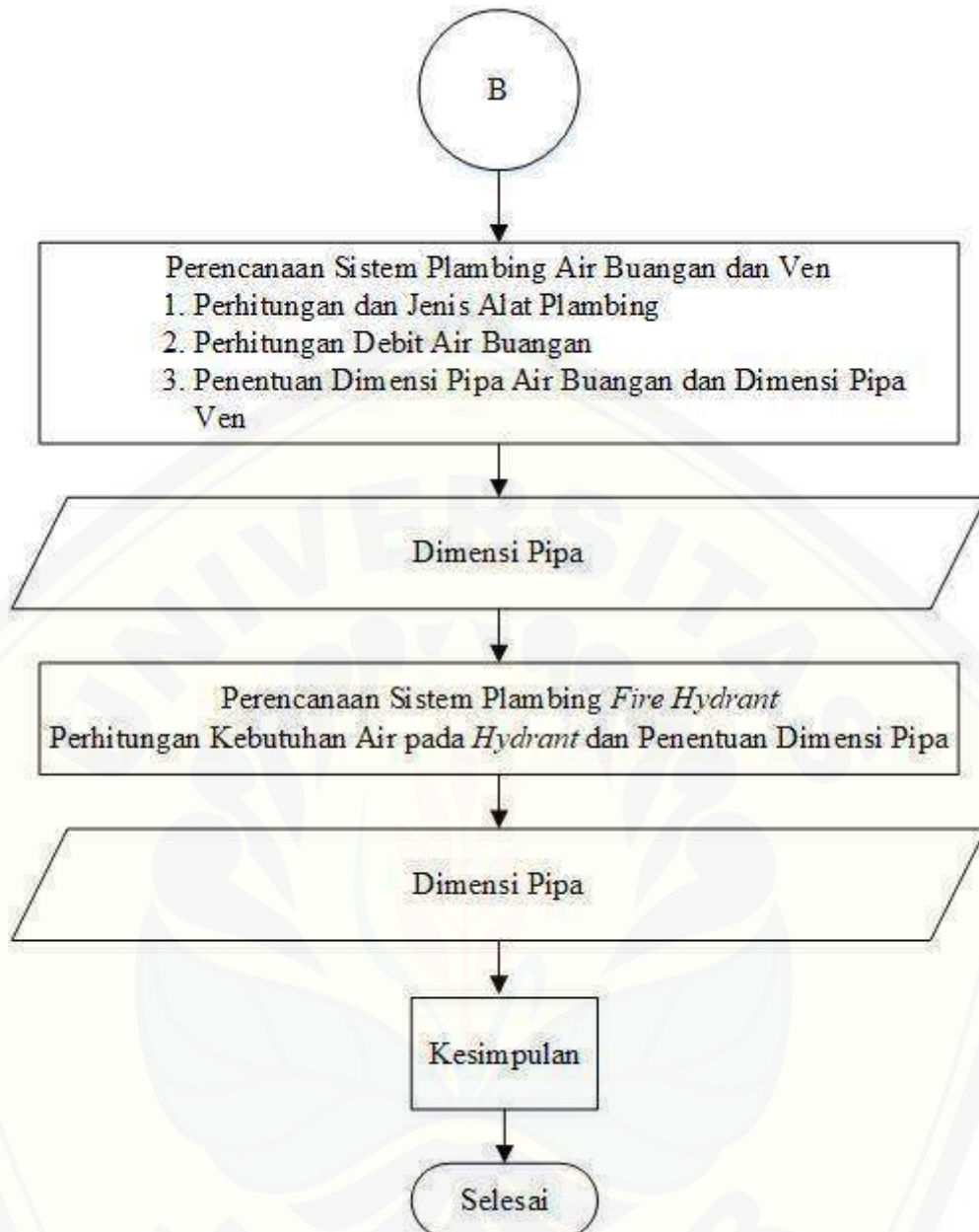


Gambar 3.7 Pemilihan Komponen Pipa

Sumber : Pipe Flow Expert







Gambar 3.8 Diagram Alir Pekerjaan

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah :

1. Pada perencanaan sistem plambing yang meliputi air bersih, air buangan dan ven yang ada pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* menggunakan *pipe flow expert* didapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Perencanaan sistem plambing air bersih pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* didapatkan kebutuhan air bersih sebesar 120 m³/hari dengan waktu pemakaian 10 jam mulai jam 07.00 sampai dengan jam 16.00. Kapasitas *ground water tank* sebesar 145 m³ dengan dimensi tangki panjang 9 m, lebar 6 m, dan tinggi 3 m. Kebutuhan 2 buah *Roof Tank* dengan kapasitas masing-masing *roof tank* sebesar 7,5 m³ dengan dimensi tangki panjang 2,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 2 m. Dimensi pipa air bersih dari *ground water tank* menuju *roof tank* sebesar 2,5". Dimensi pipa untuk setiap jenis alat plambing sebesar ½" dan dimensi pipa tegak adalah 3" dan 4". Pompa yang direncanakan adalah pompa sentrifugal 80x150 – 315 1450 RPM dengan debit pengaliran 8,5 L/detik dan *head* pompa 30 m. Pompa tersebut memiliki 1 unit bekerja dan 1 unit cadangan.
 - b. Pada perencanaan sistem plambing air buangan pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* didapatkan penyaluran air buangan sebesar 108 m³/hari. Dimensi maksimal pipa tegak air buangan untuk *black water* dan *grey water* sebesar 5" dan 3".
 - c. Pada perencanaan pipa ven pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* didapatkan dimensi maksimal pipa ven sebesar 5".
 - d. Pada perencanaan pipa proteksi kebakaran pada gedung *Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology* didapatkan dimensi pipa proteksi kebakaran sebesar 4".

5.2 Saran

Saran yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Dapat dilakukan penelitian untuk merencanakan sumur resapan untuk menyalurkan air hujan.
2. Dapat dilakukan penelitian untuk merencanakan anggaran biaya.



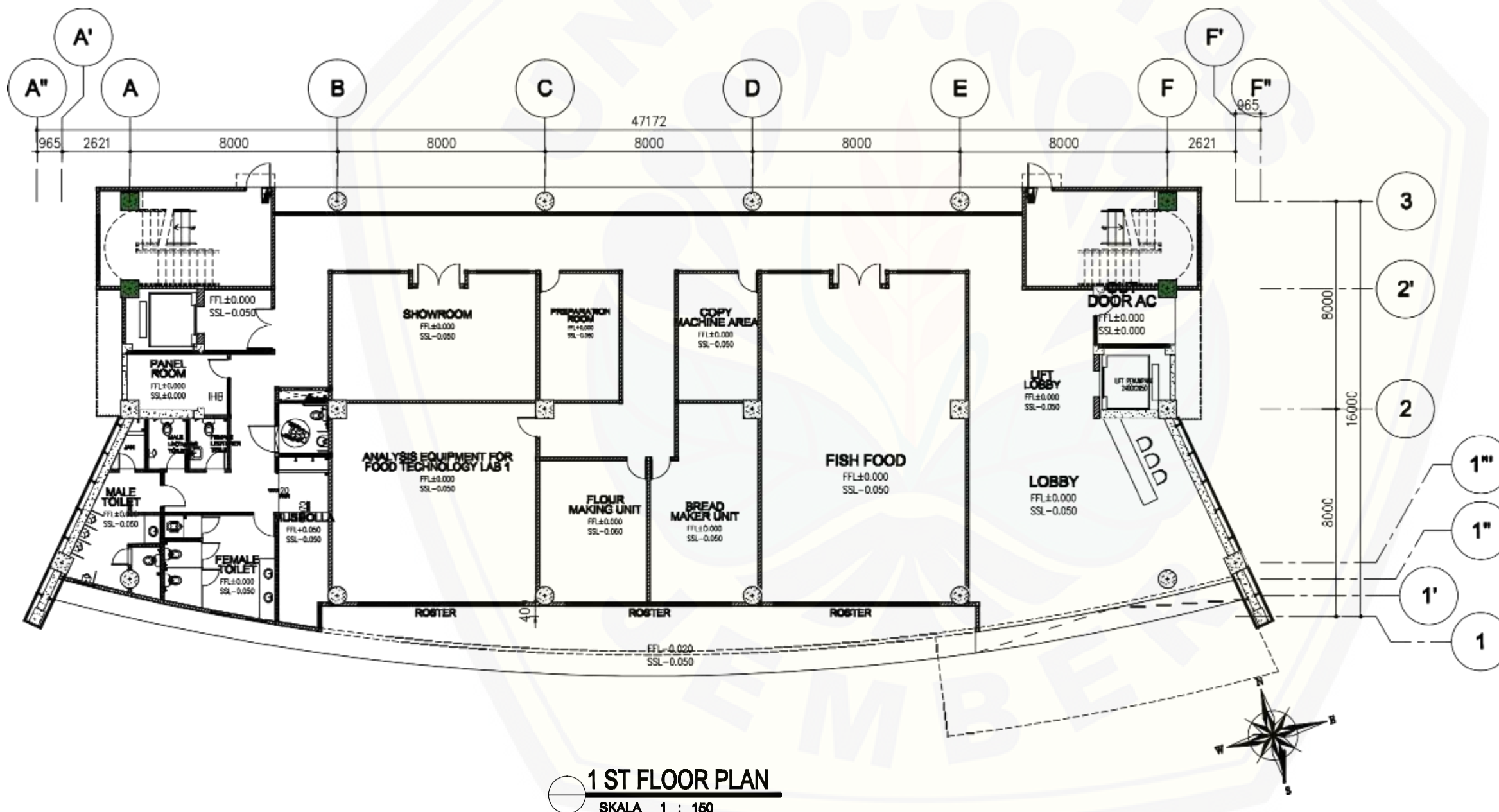
DAFTAR PUSTAKA

- Affiandi, J., Pharmawati, K., Nurprabowo, A. (2016). Perencanaan Sistem Instalasi Plumbing Air Bersih Gedung Hotel Tebu. *Jurnal Rekayasa Lingkungan, Volume 4, Nomor 2*, 1–9.
- Aurumbinang, I (2018). Perencanaan Sistem Perpipaan Air Bersih dan Air Buangan pada Proyek Pembangunan Meotel Jember. Skripsi: Jember: Universitas Jember.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI 03-1745-2000: Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sistem Pipa Tegak dan Slang untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 8153-2015: Sistem Plumbing pada Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi dan Pemeliharaan Sistem Pompa*. Jakarta: Departemen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Departemen Tenaga Kerja. (1999). *Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor : KEP-186/MEN/1999*. Jakarta: Departemen Tenaga Kerja.
- Mahardika, P. (2018). Evaluasi Instalasi Plumbing Air Bersih Rumah Tipe 42 Menggunakan *Pipe Flow Expert* Berdasarkan SNI 03-7065-2005 dan BS 6700. *Jurnal Teknologi Terapan, Volume 4, Nomor 1*, 1–6.
- Mangkudiharjo, S. (1985). *Penyediaan Air Bersih Jilid 1 dan 2*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



- Neufert, E. dan Tjahjadi, S. (1996). *Data Arsitek Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Noerbambang, S. M. dan Morimura, T. (2005). *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Putrianti, D., Pratama, Y., Handayani, D. (2016). Perencanaan Sistem Plambing Air Buangan pada Gedung Newton Residence. *Reka Lingkungan, Volume 4, Nomor 1*, 1-11.
- Riyanti, A., Marhadi., Saputra, N. (2018). Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan Gedung SMK Negeri 3 Kota Jambi. *Jurnal Daur Lingkungan, Volume 1, Nomor 1*, 35–40.
- Simanullang, I. (2018). Analisa Sistem Pemipaan Menggunakan Software *Pipe Flow Expert* pada Alat Pemanas Air Tenaga Surya Sistem *Hybrid*. Skripsi: Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Suhardiyanto. (2016). Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai. *Jurnal Teknik Mesin, Volume 05, Nomor 3*, 90–97.
- Sunarno. (2005). *Mekanikal Elektrikal Gedung*. Yogyakarta: Andi
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi Keempat. New York: McGraw Hill Company.

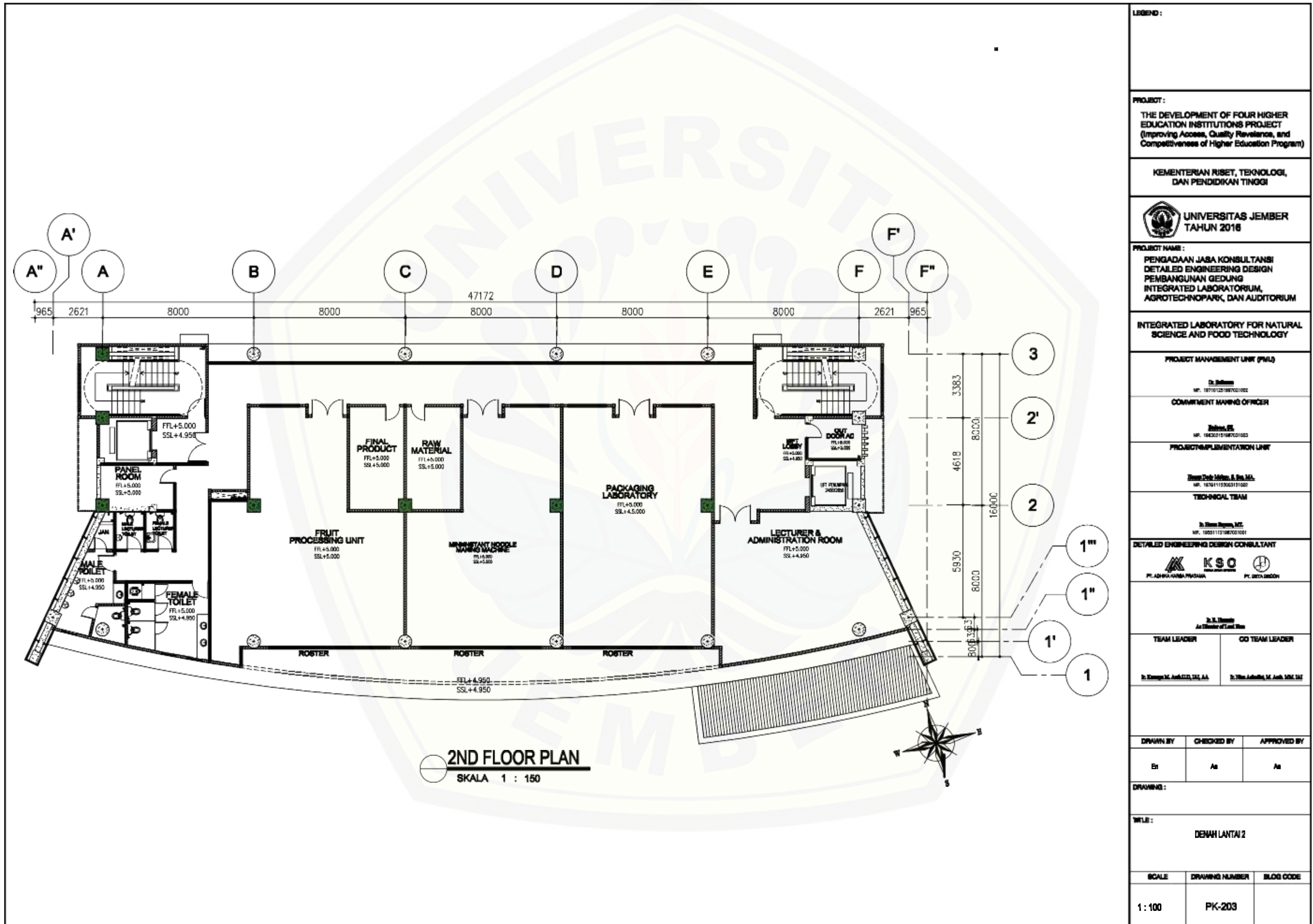




LAMPIRAN A

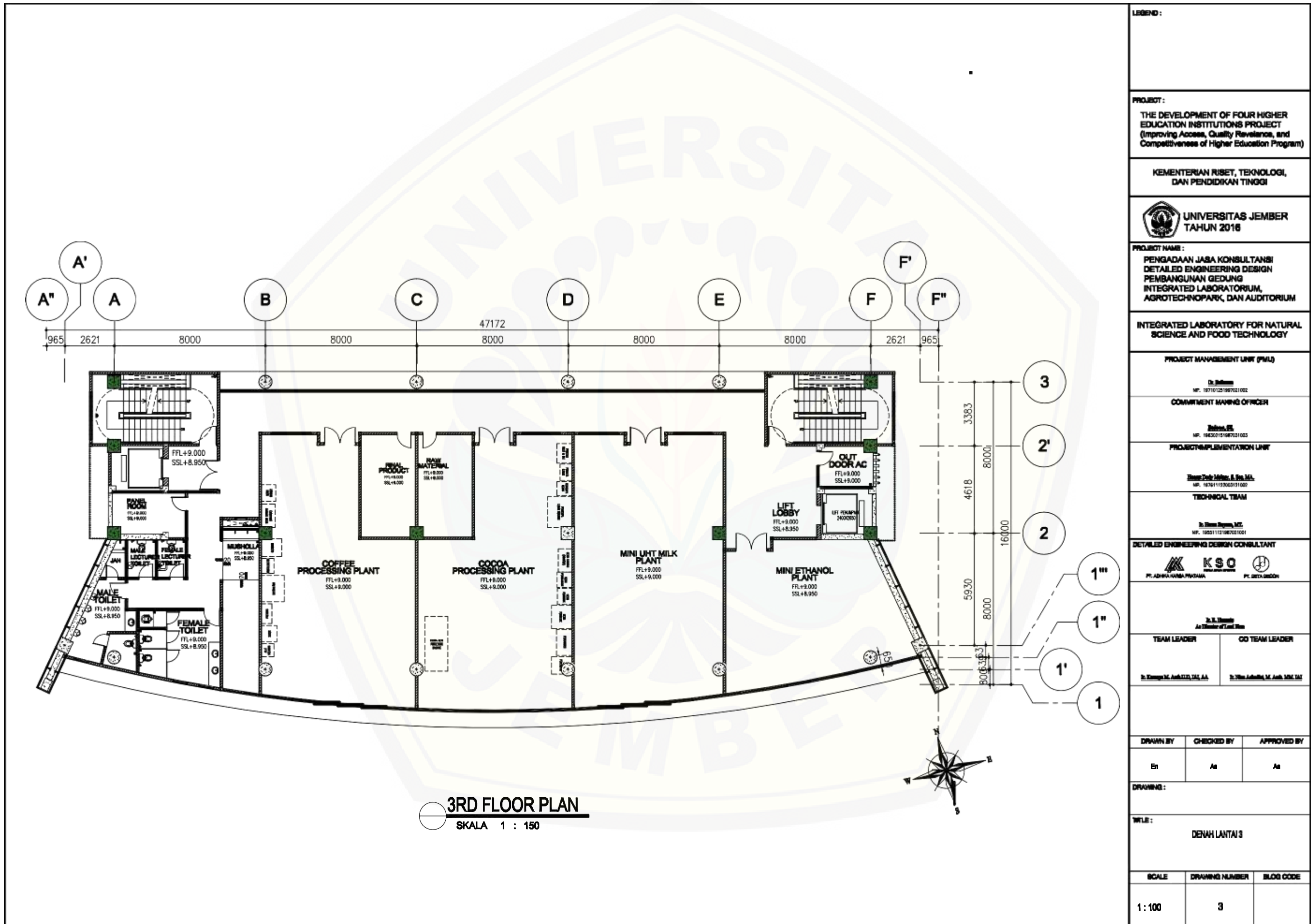


1 ST FLOOR PLAN
SKALA 1 : 150

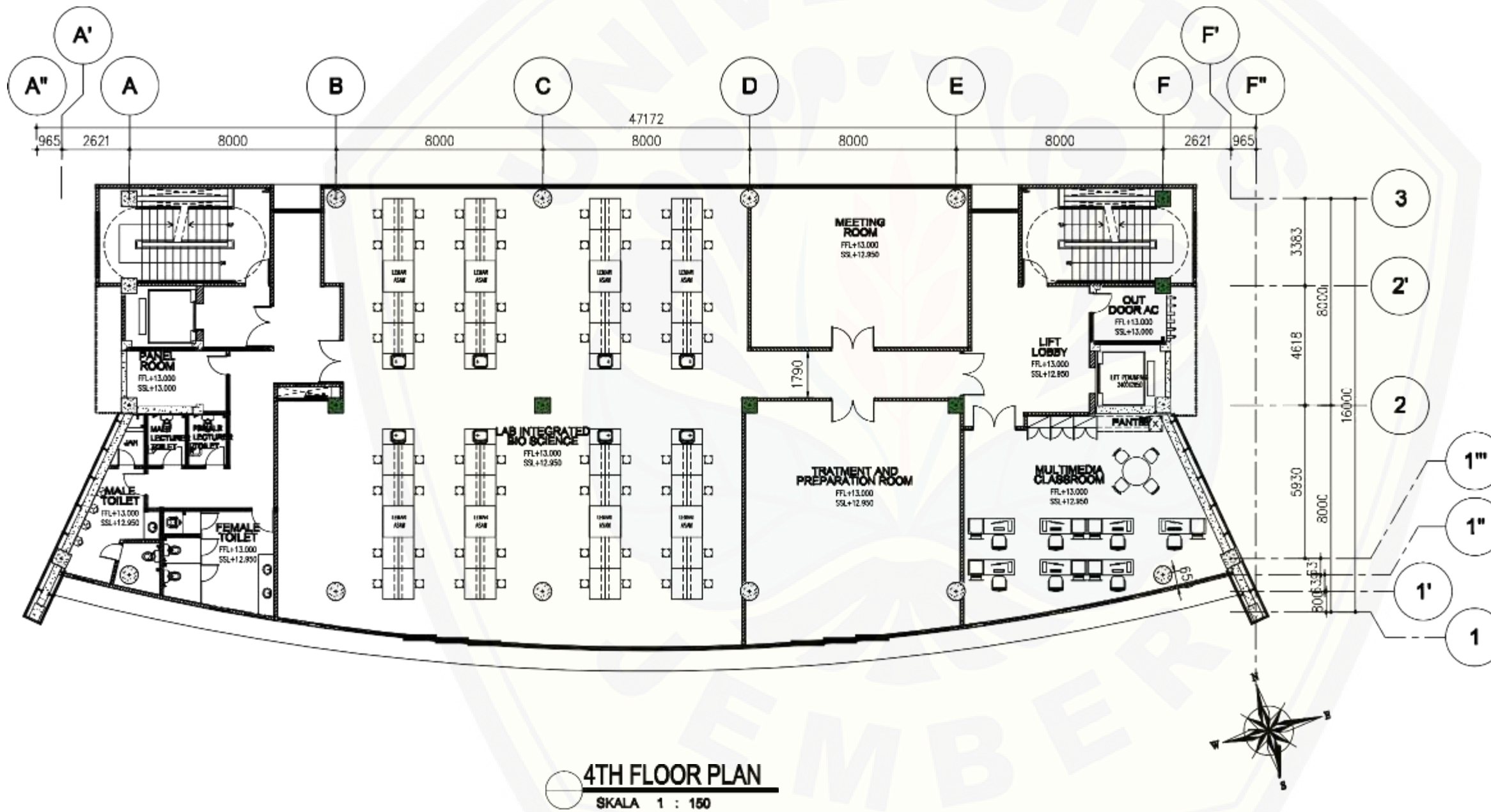
LEGEND :		
PROJECT : THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
 UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018		
PROJECT NAME : PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Sulaiman NIP. 197101251987021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Sulaiman, S. NIP. 196301151987021003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Triana Dedy Mulyana, S. Eng., M. Sc. NIP. 197811151983031000 TECHNICAL TEAM		
Dr. Hana Supriya, M.T. NIP. 198311151987021001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
		
Dr. H. Dedy As. (Member of Lead Team) TEAM LEADER		
Dr. Hana Supriya, M.T. As. (Member of Lead Team) CO TEAM LEADER		
Dr. Hana Supriya, M.T. As. (Member of Lead Team) TEAM LEADER		
Dr. Hana Supriya, M.T. As. (Member of Lead Team) CO TEAM LEADER		
DRAWN BY	CHECKED BY	APPROVED BY
En	An	An
DRAWING :		
TITLE : DENAH LANTAI - 1		
SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	1	



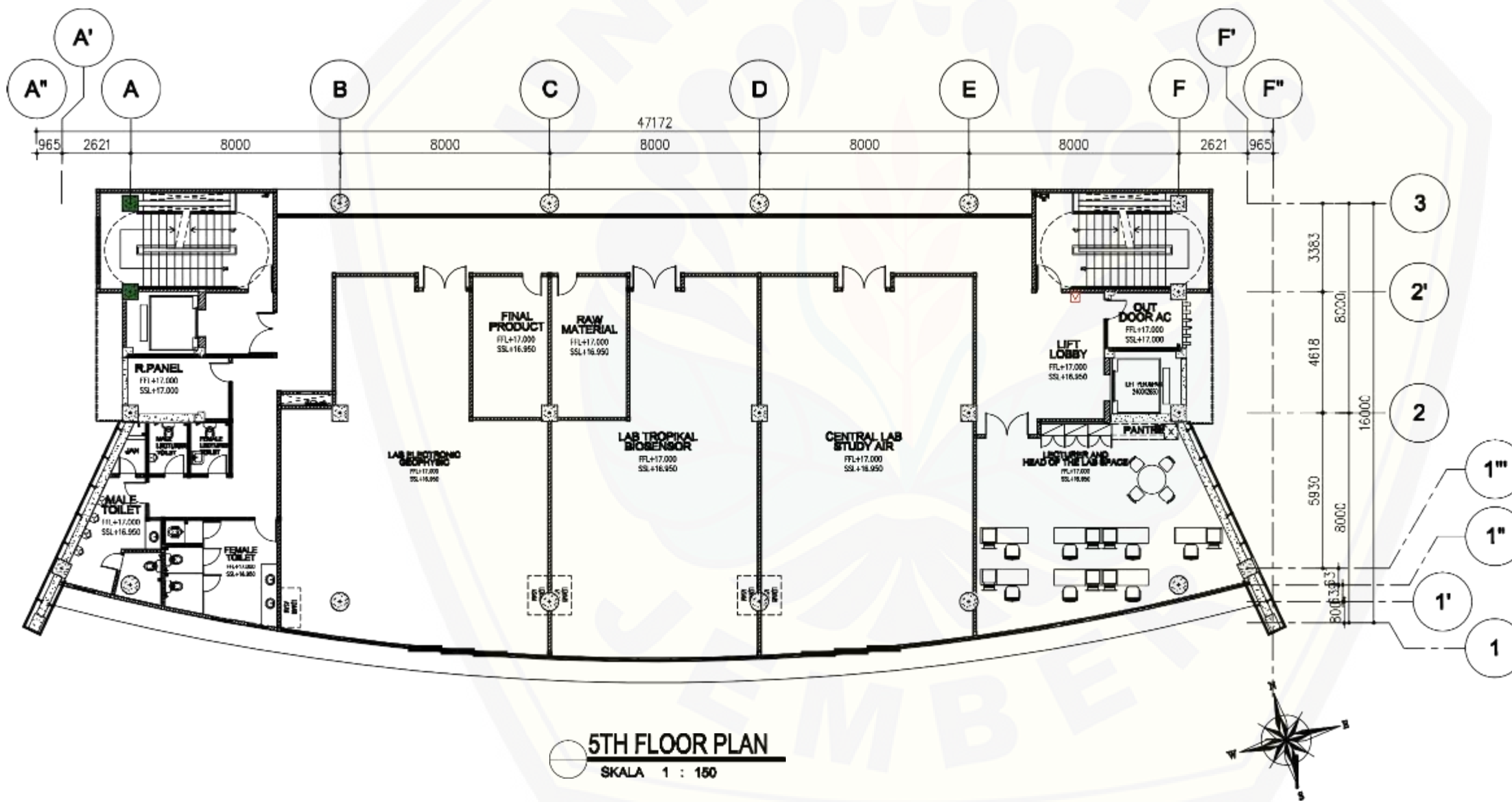
LEGEND :		
PROJECT : THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
 UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018		
PROJECT NAME : PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Indrawati NIP. 197101251987021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Indrawati, S.T. NIP. 198301151987021003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Triana Dedy Mulyana, S.T., M.T. NIP. 197811151983031000 TECHNICAL TEAM		
Dr. Sharon Supriya, M.T. NIP. 198311151987021001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
		
Dr. R. Shanty Arsitek/Interior/Architect TEAM LEADER		
Dr. Erangga M. Ananta, S.T., M.T., A.A.		Dr. Wahid Adhianto M. Ansh, M.T., M.T. CO TEAM LEADER
DRAWN BY	CHECKED BY	APPROVED BY
En	An	An
DRAWING :		
TITLE : DENAH LANTAI 2		
SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	PK-203	



LEGEND :		
PROJECT : THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018		
PROJECT NAME : PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAIL ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Juhana NIP. 197101251987021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Juhana, S. NIP. 198301151987021003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Irena Dedy Mulya, S. Eng, M. Sc. NIP. 197811151983031001 TECHNICAL TEAM		
Dr. Irena Dedy Mulya, S. Eng, M. Sc. NIP. 197811151983031001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
Dr. N. Dedy As. (Member of Lead Team)		
TEAM LEADER	CO TEAM LEADER	
Dr. Irena Dedy Mulya, S. Eng, M. Sc. NIP. 197811151983031001	Dr. Irena Dedy Mulya, S. Eng, M. Sc. NIP. 197811151983031001	
DRAWN BY	CHECKED BY	APPROVED BY
En	An	An
DRAWING :		
TITLE : DENAH LANTAI 3		
SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	3	



LEGEND :		
PROJECT : THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018		
PROJECT NAME : PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Juhana NIP. 197101251987021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Rahmat, S. NIP. 198301151987021003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Eman Dedy Mahes, S. Eng, M. Sc. NIP. 197811151983031000 TECHNICAL TEAM		
Dr. Sholah Syarif, M. Sc. NIP. 198311151987021001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
TEAM LEADER Dr. Kumpu M. Anshari, T. Sc, AA		GD TEAM LEADER Dr. Wina Andriani M. Anshari, M. Sc, AA
DRAWN BY En	CHECKED BY An	APPROVED BY An
DRAWING :		
TITLE : DENAH LANTAI 4		
SCALE 1 : 100	DRAWING NUMBER 4	BLOG CODE



LEGEND :

PROJECT :
THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI



PROJECT NAME :
PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAIL ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM

INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY

PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)

Dr. Sulaiman
NIP. 197110251987031002
COMMITMENT MAKING OFFICER

Sulaiman, S.
NIP. 196301151987031003
PROJECT IMPLEMENTATION UNIT

Theresia Dedy Mulyana, S. Eng., M. Sc.
NIP. 197811151983031000
TECHNICAL TEAM

Dr. Sholahudin, M. Sc.
NIP. 195311151987031001
DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT



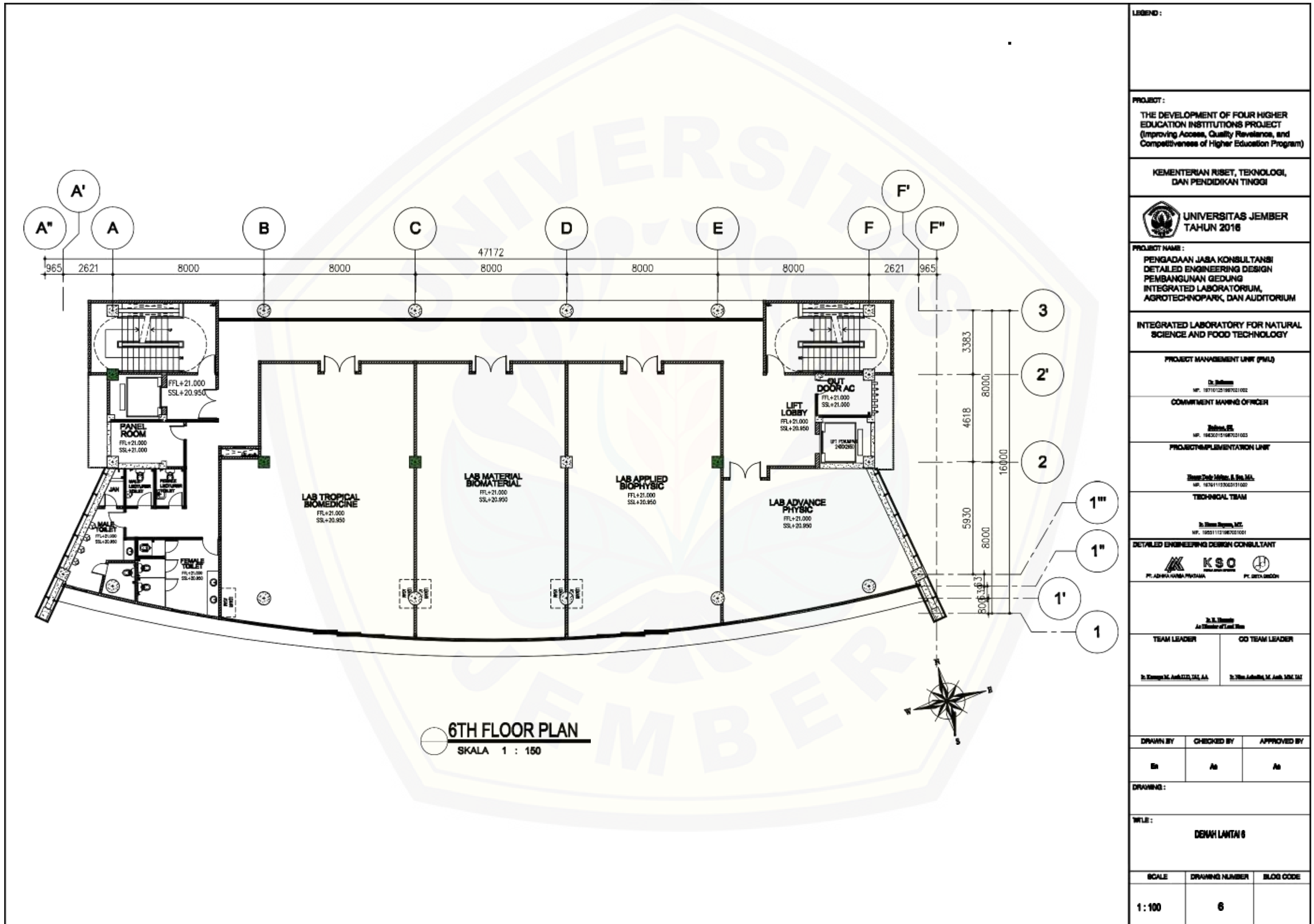
Dr. H. Sholahudin
As. (Member of Lead Team)

TEAM LEADER	GD TEAM LEADER
Dr. Sholahudin, M. Sc., M. Eng., M. Ed., Ph.D.	Dr. H. Sholahudin, M. Sc., M. Ed., Ph.D.

DRAWN BY: En
CHECKED BY: An
APPROVED BY: An

DRAWING :
TITLE :
Detail Lantai 5

SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	5	

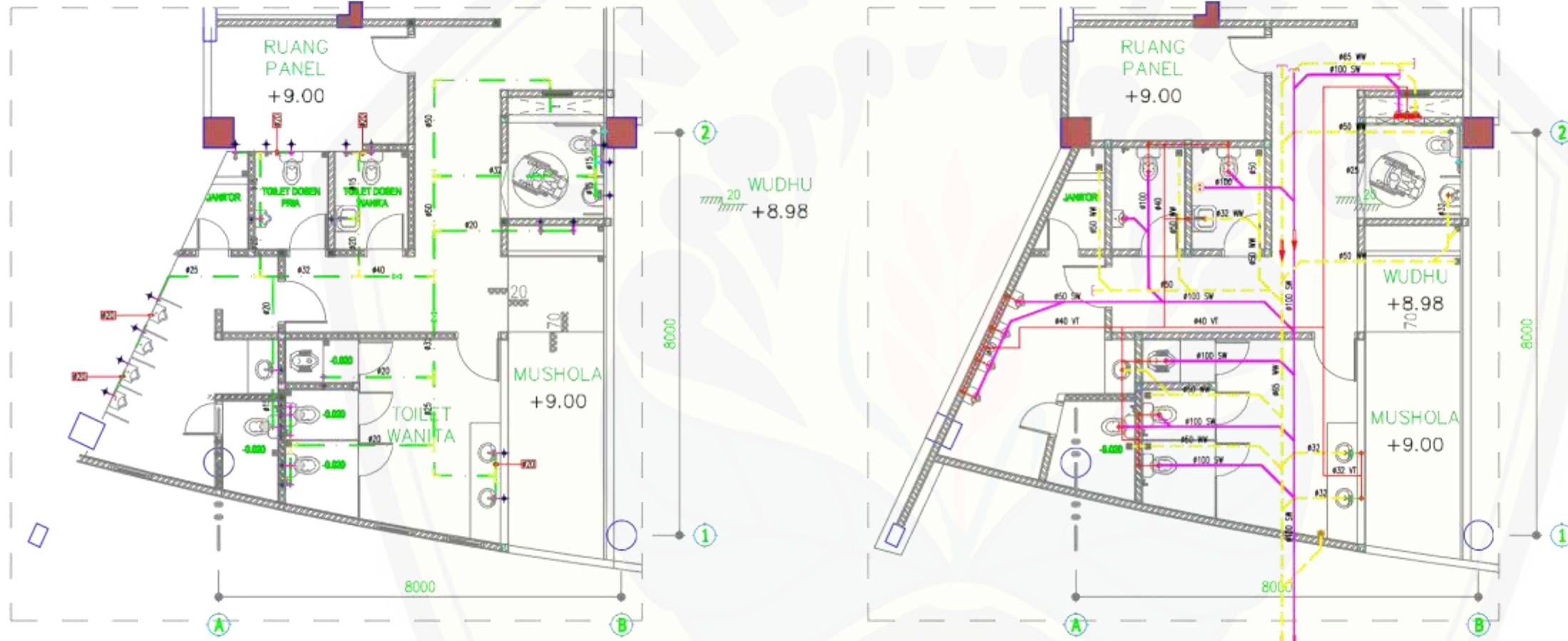




LAMPIRAN B

LEGEND

	= PIPA AIR BERSIH
	= PIPA AIR BEKAS
	= PIPA AIR KOTOR
	= PIPA VENTING
	= FLOOR DRAIN
	= CLEAN OUT

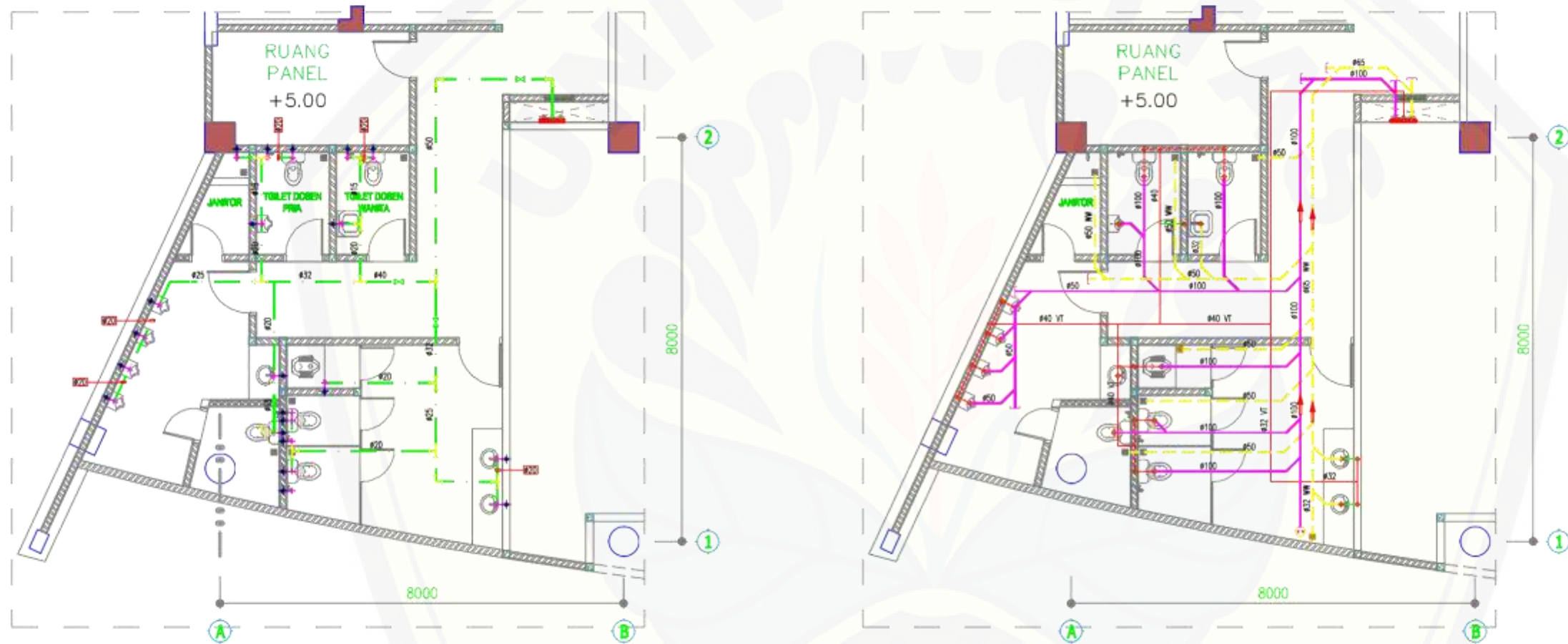


01 DETAIL TOILET AIR BERSIH LANTAI - 1
SKALA: 1 : 50

01 DETAIL TOILET AIR KOTOR LANTAI - 1
SKALA: 1 : 50

LEGEND

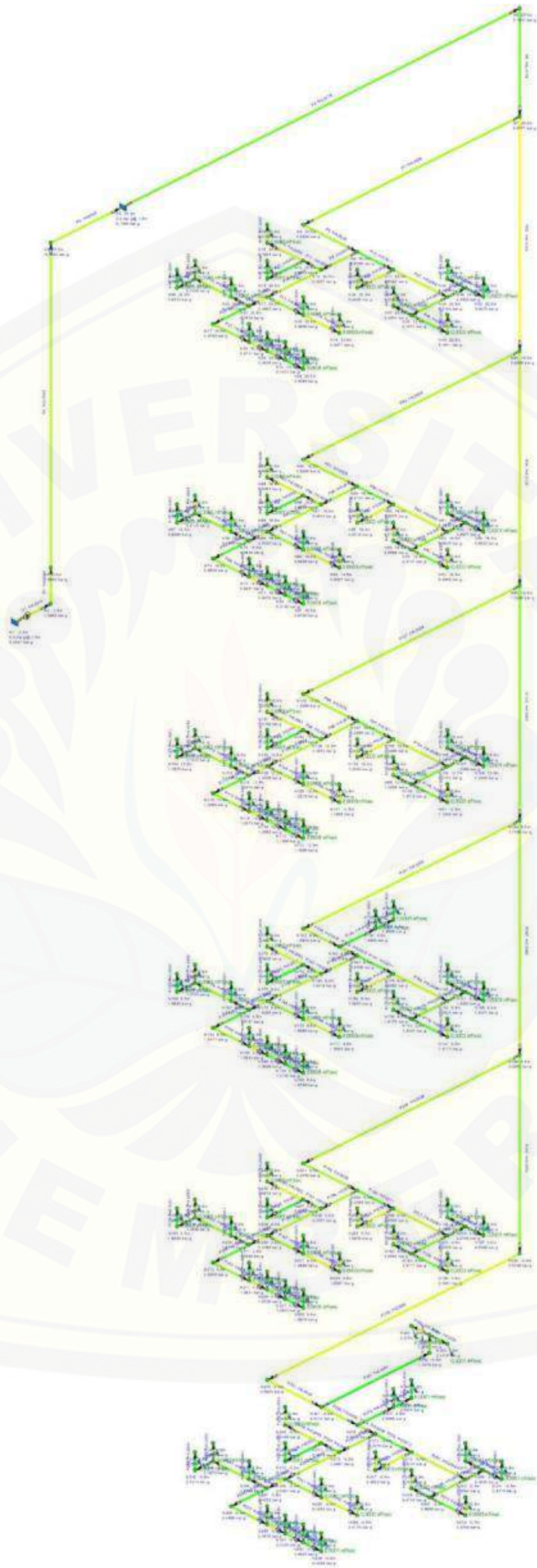
- = PIPA AIR BERSIH
- = PIPA AIR BEKAS
- = PIPA AIR KOTOR
- = PIPA VENTING
- ⊙ = FLOOR DRAIN
- ⊙ = CLEAN OUT



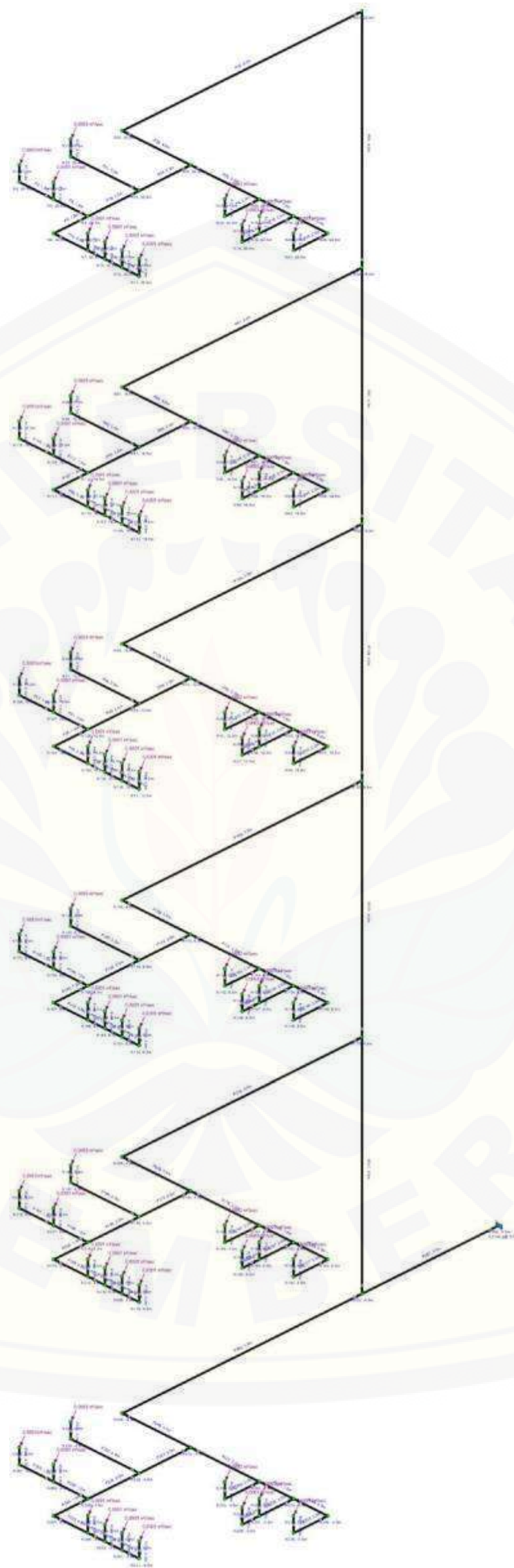
DETAIL TOILET AIR BERSIH LANTAI 2 s/d 6
SKALA 1 : 100

DETAIL TOILET AIR BERSIH LANTAI 2 s/d 6
SKALA 1 : 100

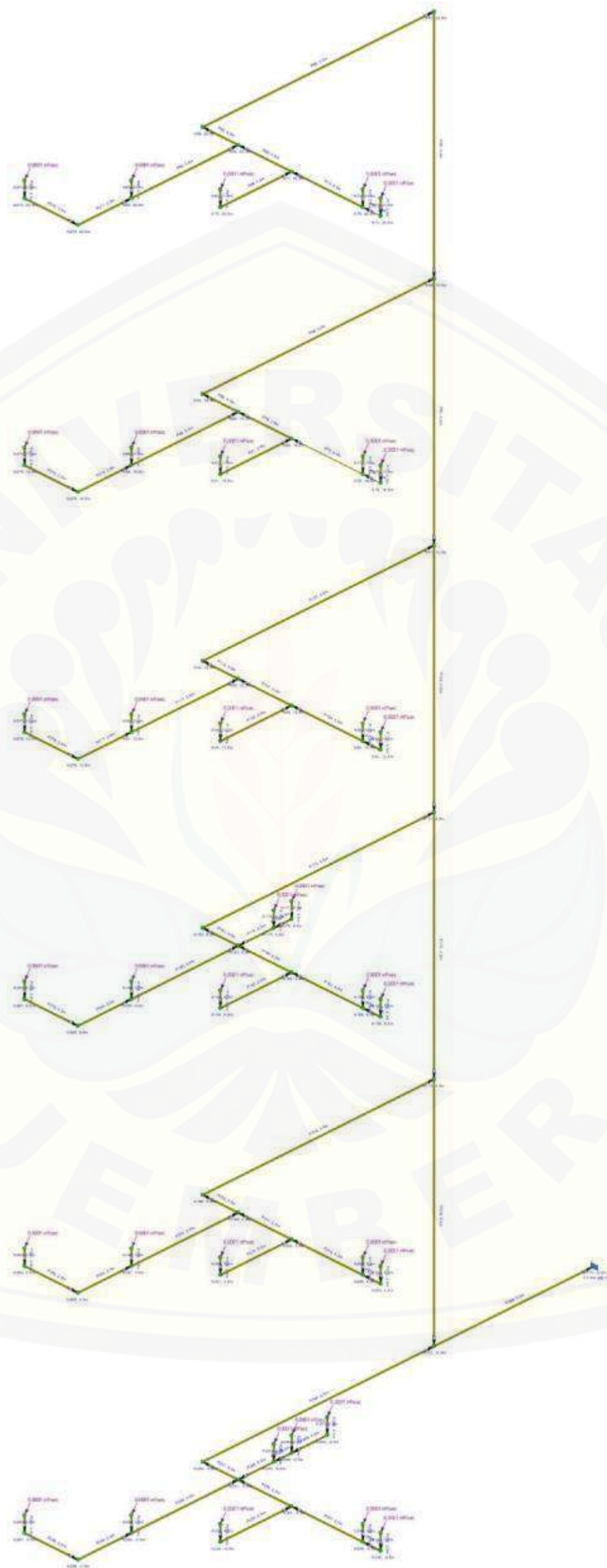
Isometri Perpipaan Air Bersih

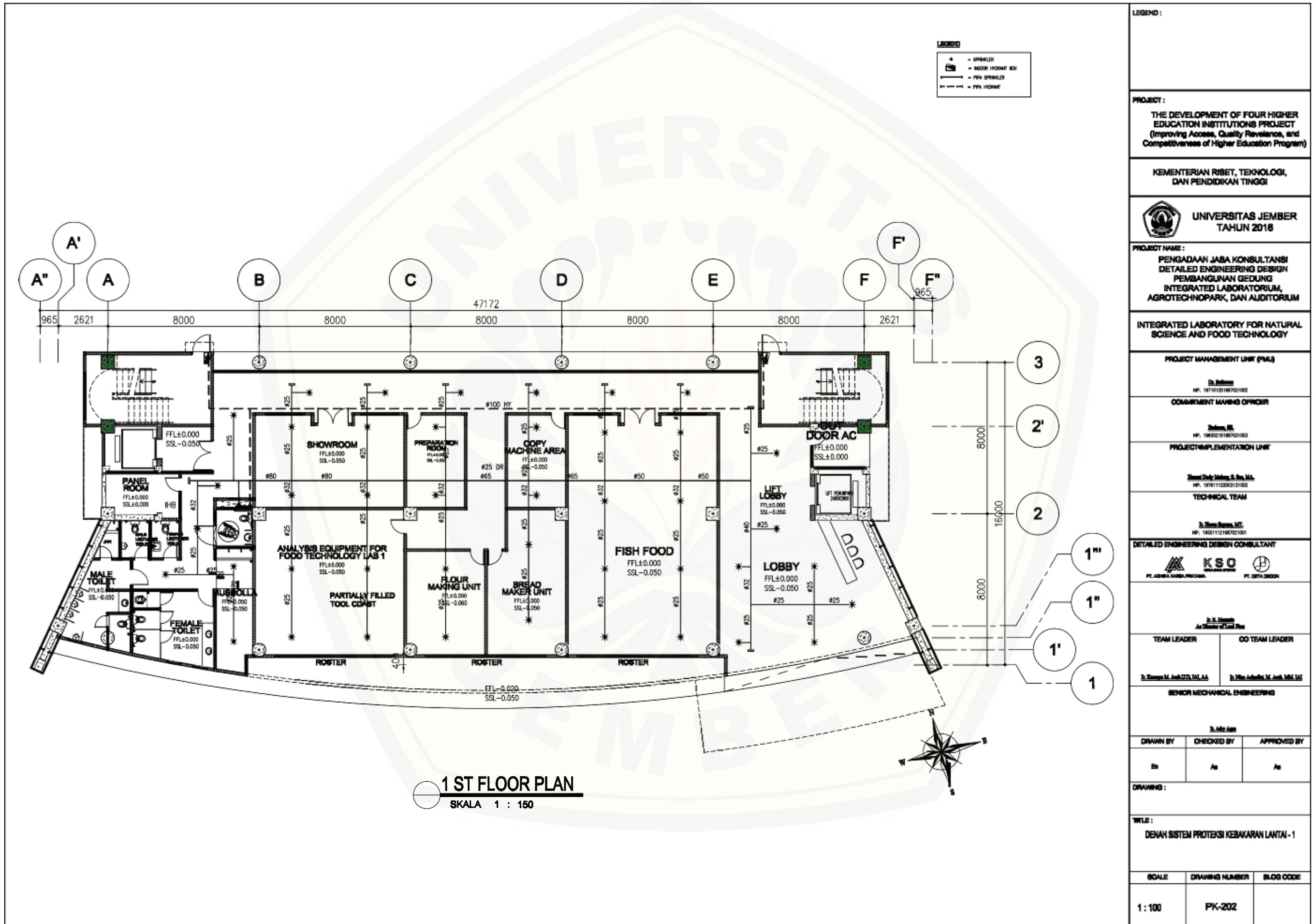


Isometri Perpipaan Air Kotor

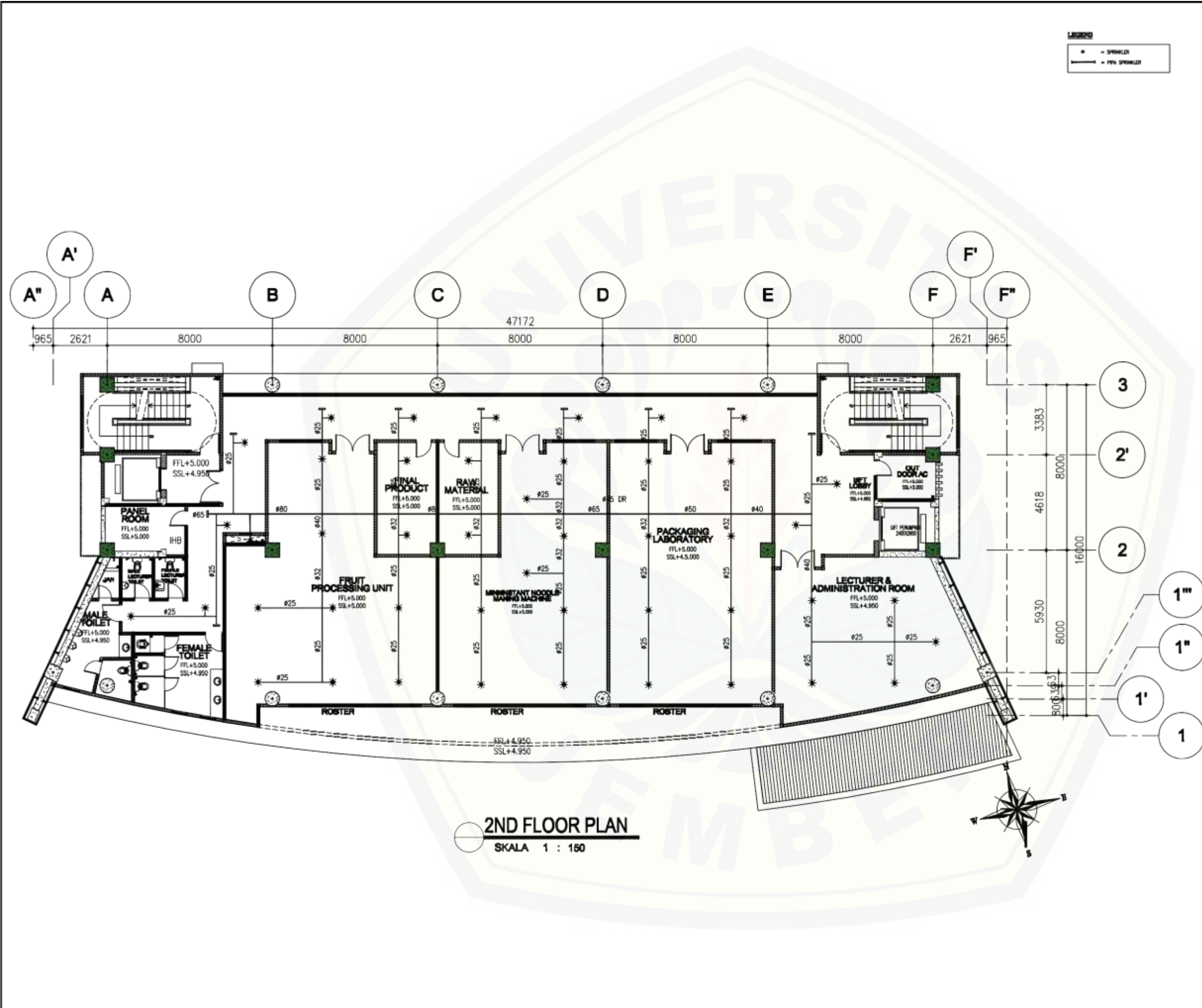


Isometri Perpipaian Air Bekas





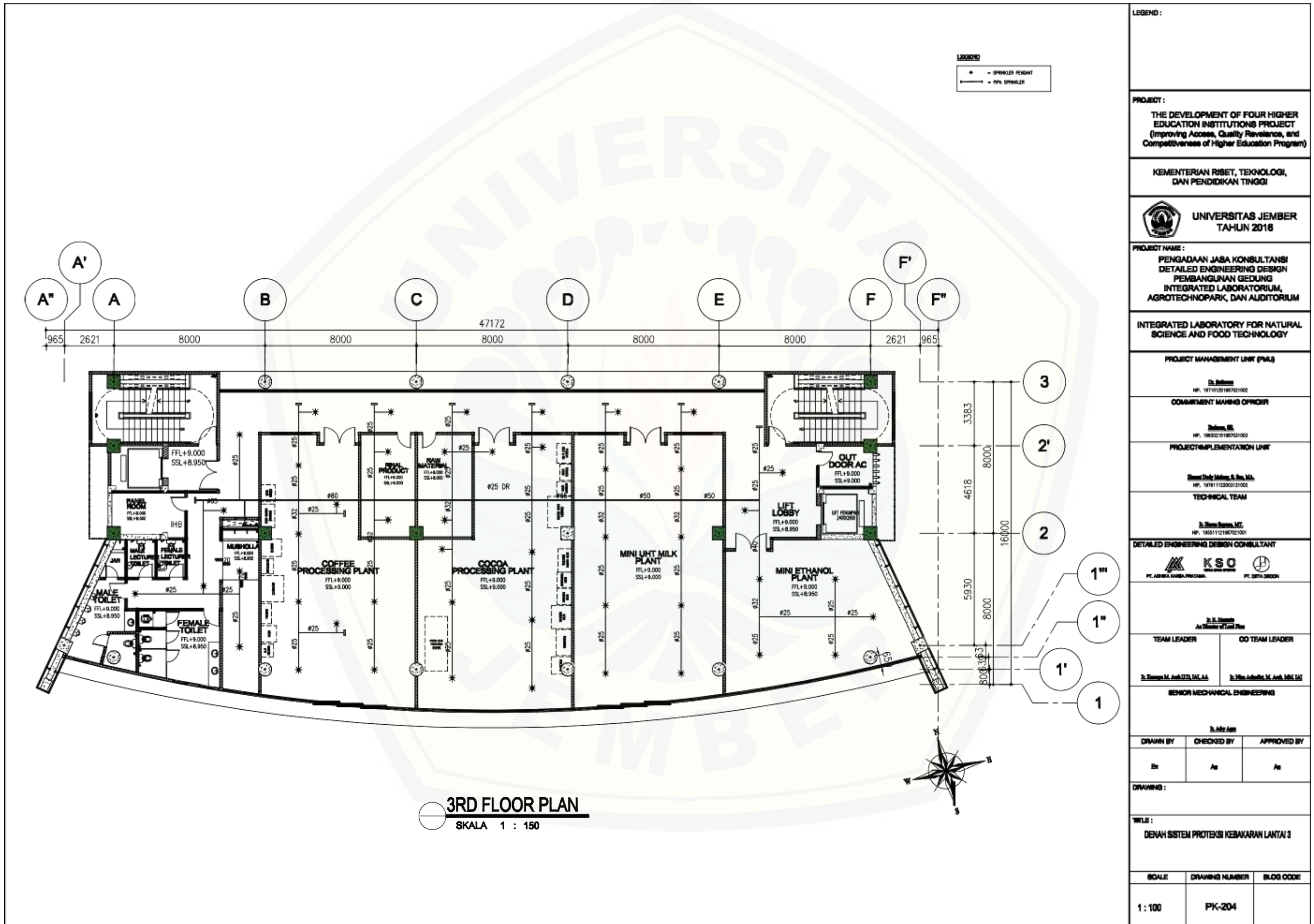


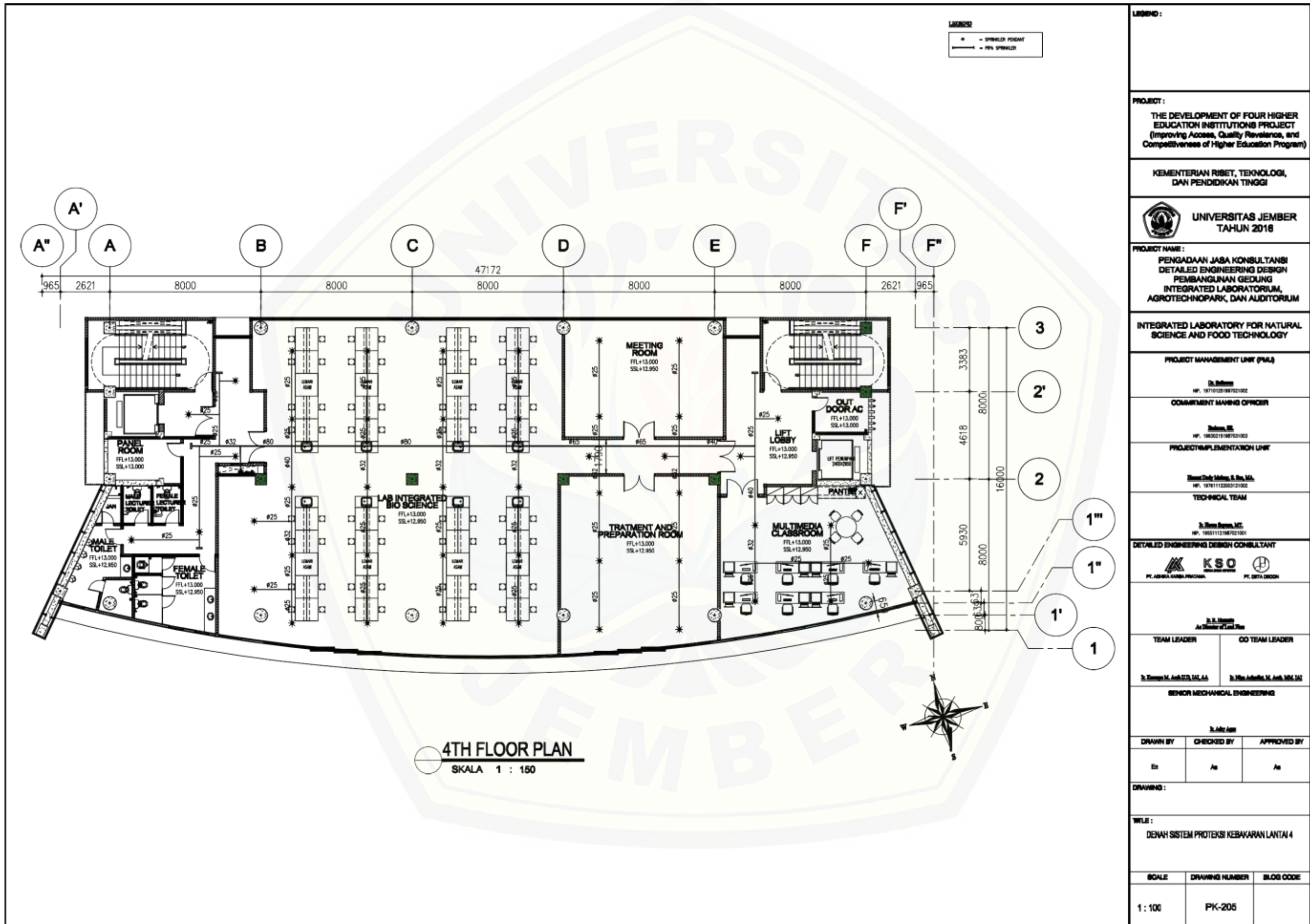
LEGEND :		
<ul style="list-style-type: none"> • - SPRINKLER □ - SMOKE DETECTOR ○ - PFA SPRINKLER ○ - PFA DETECTOR 		
PROJECT :		
THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018		
PROJECT NAME :		
PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Indrawati HP. 08121518021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Indrawati, S.T. HP. 08121518021003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Smart Daily Building & Dev. M.A. HP. 08121518021002 TECHNICAL TEAM		
Dr. Triana Setiawan, M.T. HP. 08121518021001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
TEAM LEADER		
Dr. Triana Setiawan, M.T. HP. 08121518021001		
CO TEAM LEADER		
Dr. Triana Setiawan, M.T. HP. 08121518021001		
SENIOR MECHANICAL ENGINEERING		
Dr. Muz Amri		
DRAWN BY	CHECKED BY	APPROVED BY
Dr	Am	Am
DRAWING :		
TITLE :		
DENAH SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI - 1		
SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	PK-202	

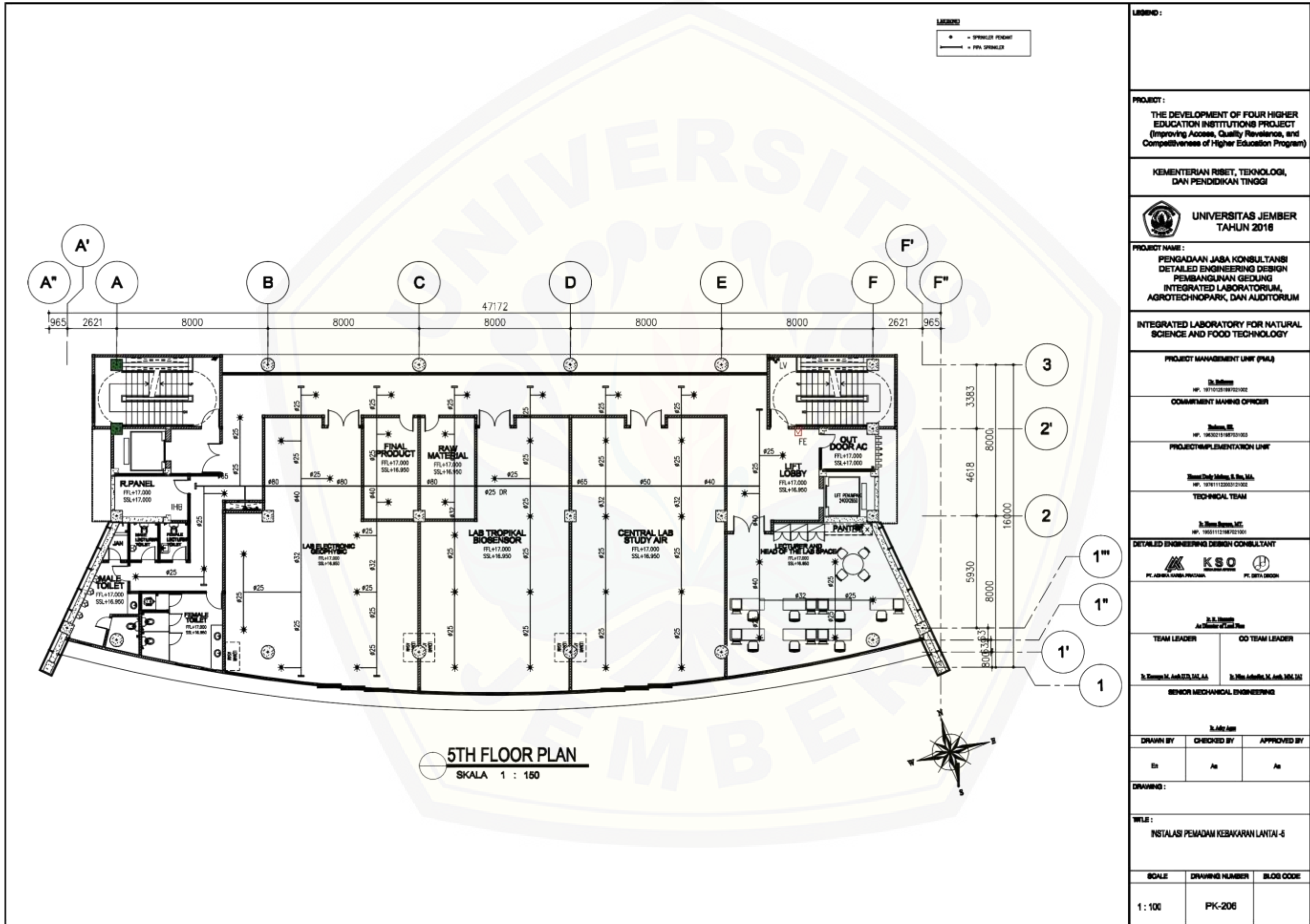


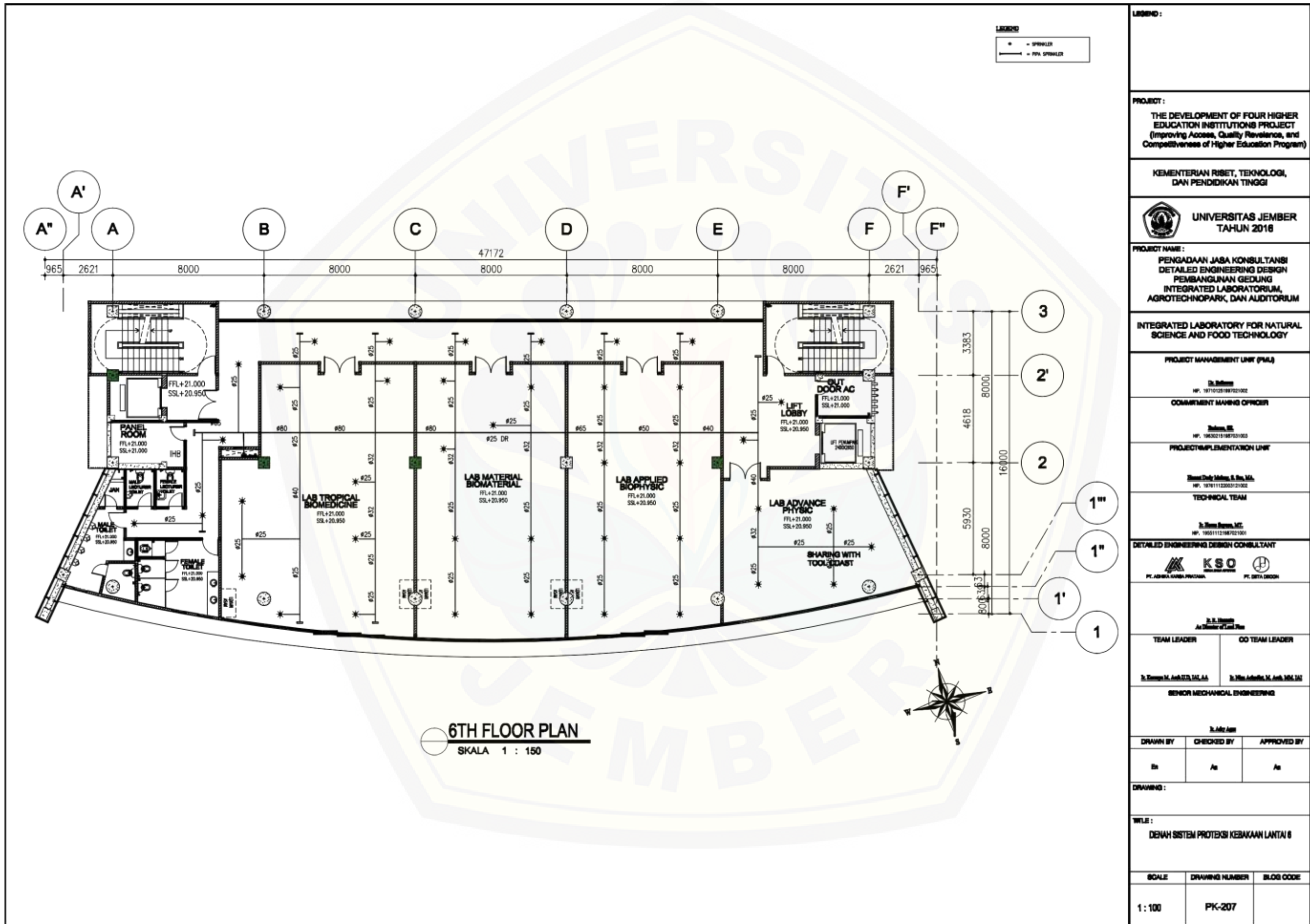
LEGEND
 * = SPRINKLER
 — = FPA SPRINKLER

LEGEND:		
PROJECT: THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)		
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI		
 UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2016		
PROJECT NAME: PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM		
INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY		
PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)		
Dr. Sofyan NP. 19712121987021002 COMMITMENT MAKING OFFICER		
Sofyan, M. NP. 19630211987031003 PROJECT IMPLEMENTATION UNIT		
Rizki Dedy Mulya, S. Eng, M.Eng. NP. 197611122002121002 TECHNICAL TEAM		
Dr. Steve Ryan, M.T. NP. 196511121987021001 DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT		
		
Dr. R. Soesanto As. Director of Land Plan TEAM LEADER		
Dr. R. Soesanto As. Director of Land Plan CO TEAM LEADER		
Dr. Kurniawan, M. Arch, D.D., M. AA Dr. Yana Adhika, M. Arch, M. AA, M. Eng SENIOR MECHANICAL ENGINEERING		
Dr. Ahy Ash SENIOR MECHANICAL ENGINEERING		
DRAWN BY	CHECKED BY	APPROVED BY
En	Ah	Ah
DRAWING:		
TITLE: DENAH SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI 2		
SCALE	DRAWING NUMBER	BLOG CODE
1 : 100	PK-203	









LEGEND :		
<p>PROJECT : THE DEVELOPMENT OF FOUR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS PROJECT (Improving Access, Quality Relevance, and Competitiveness of Higher Education Program)</p>		
<p>KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI</p>		
<p>UNIVERSITAS JEMBER TAHUN 2018</p>		
<p>PROJECT NAME : PENGADAAN JASA KONSULTANSI DETAILED ENGINEERING DESIGN PEMBANGUNAN GEDUNG INTEGRATED LABORATORIUM, AGROTECHNOPARK, DAN AUDITORIUM</p>		
<p>INTEGRATED LABORATORY FOR NATURAL SCIENCE AND FOOD TECHNOLOGY</p>		
<p>PROJECT MANAGEMENT UNIT (PMU)</p>		
<p>Dr. Istikom HP. 9871025188721002</p>		
<p>COMMITMENT MANING OFFICER</p>		
<p>Indah, S.T. HP. 196302191847531003</p>		
<p>PROJECT IMPLEMENTATION UNIT</p>		
<p>Shanti Dedy Mahes, S. Eng, M. Sc. HP. 19781112200321002</p>		
<p>TECHNICAL TEAM</p>		
<p>Dr. Hery Supriy, M.T. HP. 198511121847521001</p>		
<p>DETAILED ENGINEERING DESIGN CONSULTANT</p>		
<p>KSO PT. ADIRTA KASBA PRACAKA PT. SITA DESIGN</p>		
<p>Dr. H. Haryanto As. Member of Lead Plan</p>		
<p>TEAM LEADER</p>		<p>GO TEAM LEADER</p>
<p>Dr. Triangg M. Ananta, M. Sc., M. Eng</p>		<p>Dr. Hery Andriat, M. Sc., M. Eng</p>
<p>SENIOR MECHANICAL ENGINEERING</p>		
<p>Dr. Mulyo</p>		
<p>DRAWN BY</p>	<p>CHECKED BY</p>	<p>APPROVED BY</p>
<p>Et</p>	<p>As</p>	<p>As</p>
<p>DRAWING :</p>		
<p>TITLE : DENAH SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAJ 6</p>		
<p>SCALE</p>	<p>DRAWING NUMBER</p>	<p>BLOK CODE</p>
<p>1 : 100</p>	<p>PK-207</p>	



LAMPIRAN C

Tabel Hasil Simulasi *Pipe Flow Expert*

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	65 mm PVC (ANSI) Sch. 40	62,713	3	5,2838	0,0053	1,714	0,2447	2,75
2	P2	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	65 mm PVC (ANSI) Sch. 40	62,713	2,5	5,2838	0,0053	1,714	2,75	2,7394
3	P3	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	65 mm PVC (ANSI) Sch. 40	62,713	27	5,2838	0,0053	1,714	2,7394	-0,0258
4	P4	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	65 mm PVC (ANSI) Sch. 40	62,713	2	5,2838	0,0053	1,714	-0,0258	0,1468
5	P5	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	150 mm PVC (ANSI) Sch. 40	154,051	5	17,5648	0,0176	0,944	0,1468	0,1401
6	P6	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	150 mm PVC (ANSI) Sch. 40	154,051	4,5	17,5648	0,0176	0,944	0,1401	0,5771
7	P7	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,7944	0,0028	1,293	0,5771	0,5533
8	P8	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	4	2,7944	0,0028	1,293	0,5533	0,5375
9	P9	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	0,5375	0,5087
10	P10	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	0,5375	0,532
11	P11	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	0,5087	0,4972
12	P12	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,4972	0,4927
13	P13	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4927	0,3669
14	P14	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	0,4972	0,4594

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
15	P15	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,4594	0,3135
16	P16	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	0,5087	0,4963
17	P17	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	0,4963	0,4649
18	P18	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	0,4649	0,4271
19	P19	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4649	0,3391
20	P20	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,4271	0,2812
21	P21	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	0,4963	0,4849
22	P22	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	0,4849	0,4491
23	P23	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	0,4491	0,4369
24	P24	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4491	0,3233
25	P25	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,4369	0,272
26	P26	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	0,4849	0,4785
27	P27	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	0,4785	0,4711
28	P28	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4711	0,3432
29	P29	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	0,4711	0,4516

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
30	P30	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4516	0,3237
31	P31	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	0,4516	0,4423
32	P32	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4423	0,3145
33	P33	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	0,4423	0,4394
34	P34	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4394	0,3136
35	P35	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	0,532	0,4659
36	P36	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	0,4659	0,287
37	P37	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	0,532	0,5188
38	P38	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	0,5188	0,492
39	P39	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,492	0,4875
40	P40	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4875	0,3618
41	P41	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,492	0,4875
42	P42	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,4875	0,3618
43	P43	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	0,4369	0,431
44	P44	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,431	0,3052

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
45	P45	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	0,5188	0,4951
46	P46	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	0,4951	0,4841
47	P47	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,4841	0,3382
48	P48	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	0,4951	0,4841
49	P49	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,4841	0,3382
50	P50	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,8598	0,7138
51	P51	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	0,8707	0,8598
52	P52	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,8598	0,7138
53	P53	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	0,8707	0,8598
54	P54	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8632	0,7374
55	P55	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8632	0,7374
56	P56	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,8677	0,8632
57	P57	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,8677	0,8632
58	P58	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	0,8945	0,8707
59	P59	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	0,8945	0,8677

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
60	P60	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	0,8416	0,6626
61	P61	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	0,9077	0,8416
62	P62	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,815	0,6893
63	P63	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	0,9077	0,8945
64	P64	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	0,818	0,815
65	P65	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	0,8272	0,818
66	P66	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8272	0,6994
67	P67	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	0,8467	0,8272
68	P68	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,818	0,6901
69	P69	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	0,8542	0,8467
70	P70	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	0,8606	0,8542
71	P71	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,8125	0,6477
72	P72	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8247	0,699
73	P73	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	0,8247	0,8125
74	P74	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	0,8606	0,8247

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
75	P75	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	0,872	0,8606
76	P76	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,8027	0,6568
77	P77	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8066	0,6809
78	P78	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8405	0,7148
79	P79	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	0,8125	0,8066
80	P80	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	0,8405	0,8027
81	P81	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	0,8844	0,872
82	P82	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	0,8728	0,8351
83	P83	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	0,8351	0,6892
84	P84	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8683	0,7426
85	P85	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	0,8467	0,7189
86	P86	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	0,8728	0,8683
87	P87	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	0,872	0,8405
88	P88	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	0,8844	0,8728
89	P89	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	0,9131	0,8844

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
90	P90	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	0,9131	0,9077
91	P91	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	4	2,7944	0,0028	1,293	0,929	0,9131
92	P92	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	100 mm PVC (ANSI) Sch. 40	102,26	4	14,7704	0,0148	1,802	0,5771	0,9528
93	P93	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,7944	0,0028	1,293	0,9528	0,929
94	P94	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	100 mm PVC (ANSI) Sch. 40	102,26	4	11,976	0,012	1,461	0,9528	1,3336
95	P95	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	4	2,7944	0,0028	1,293	1,3098	1,2939
96	P96	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	1,2939	1,2652
97	P97	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	1,2939	1,2885
98	P98	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	1,2652	1,2537
99	P99	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,2537	1,2491
100	P100	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,2491	1,1234
101	P101	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	1,2537	1,2159
102	P102	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,2159	1,07
103	P103	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	1,2652	1,2528
104	P104	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	1,2528	1,2213

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
105	P105	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	1,2213	1,1836
106	P106	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,2213	1,0956
107	P107	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,1836	1,0376
108	P108	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	1,2528	1,2414
109	P109	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	1,2414	1,2055
110	P110	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	1,2055	1,1933
111	P111	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,2055	1,0798
112	P112	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,1933	1,0285
113	P113	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	1,2414	1,235
114	P114	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	1,235	1,2275
115	P115	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,2275	1,0997
116	P116	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	1,2275	1,208
117	P117	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,208	1,0802
118	P118	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	1,208	1,1988
119	P119	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,1988	1,0709

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
120	P120	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	1,1988	1,1958
121	P121	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,1958	1,0701
122	P122	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	1,2885	1,2224
123	P123	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	1,2224	1,0434
124	P124	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	1,2885	1,2753
125	P125	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	1,2753	1,2485
126	P126	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,2485	1,244
127	P127	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,244	1,1182
128	P128	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,2485	1,244
129	P129	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,244	1,1182
130	P130	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	1,1933	1,1874
131	P131	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,1874	1,0617
132	P132	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	1,2753	1,2515
133	P133	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	1,2515	1,2406
134	P134	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,2406	1,0946

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
135	P135	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	1,2515	1,2406
136	P136	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,2406	1,0946
137	P137	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,7944	0,0028	1,293	1,3336	1,3098
138	P138	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	100 mm PVC (ANSI) Sch. 40	102,26	4	9,1816	0,0092	1,12	1,3336	1,7186
139	P139	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,994	0,003	1,386	1,6914	1,677
140	P140	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	1,6706	1,6419
141	P141	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	1,6706	1,6652
142	P142	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	1,6419	1,6304
143	P143	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,6304	1,6259
144	P144	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6259	1,5001
145	P145	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	1,6304	1,5926
146	P146	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,5926	1,4467
147	P147	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	1,6419	1,6295
148	P148	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	1,6295	1,598
149	P149	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	1,598	1,5603

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
150	P150	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,598	1,4723
151	P151	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,5603	1,4144
152	P152	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	1,6295	1,6181
153	P153	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	1,6181	1,5823
154	P154	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	1,5823	1,57
155	P155	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,5823	1,4565
156	P156	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,75	0,2994	0,0003	1,53	1,57	1,5125
157	P157	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	1,6181	1,6117
158	P158	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	1,6117	1,6043
159	P159	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6043	1,4764
160	P160	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	1,6043	1,5848
161	P161	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,5848	1,4569
162	P162	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	1,5848	1,5755
163	P163	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,5755	1,4477
164	P164	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	1,5755	1,5726

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
165	P165	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,5726	1,4468
166	P166	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	1,6652	1,5991
167	P167	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	1,5991	1,4202
168	P168	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	1,6652	1,652
169	P169	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	1,652	1,6252
170	P170	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,6252	1,6207
171	P171	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6207	1,495
172	P172	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	1,6252	1,6207
173	P173	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6207	1,495
174	P174	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	1,57	1,5642
175	P175	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,5642	1,4384
176	P176	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	1,652	1,6283
177	P177	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	1,6283	1,6173
178	P178	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,6173	1,4714
179	P179	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	1,6283	1,6173

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
180	P180	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,6173	1,4714
181	P181	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,994	0,003	1,386	1,7186	1,6914
182	P182	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	1	2,7944	0,0028	1,293	1,677	1,6706
183	P183	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,1996	0,0002	0,581	1,677	1,6688
184	P184	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6688	1,541
185	P185	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	1,6688	1,6659
186	P186	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,6659	1,5401
187	P187	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	80 mm PVC (ANSI) Sch. 40	77,927	4	6,1876	0,0062	1,3	1,7186	2,0991
188	P188	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	4	2,7944	0,0028	1,293	2,0753	2,0594
189	P189	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	2,0594	2,0307
190	P190	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	2,0594	2,054
191	P191	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	2,0307	2,0192
192	P192	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,0192	2,0147
193	P193	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,0147	1,8889
194	P194	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	2,0192	1,9814

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
195	P195	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,9814	1,8355
196	P196	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	2,0307	2,0183
197	P197	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	2,0183	1,9868
198	P198	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	1,9868	1,9491
199	P199	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9868	1,8611
200	P200	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,9491	1,8032
201	P201	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	2,0183	2,0069
202	P202	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	2,0069	1,9711
203	P203	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	1,9711	1,9588
204	P204	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9711	1,8453
205	P205	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	1,9588	1,794
206	P206	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	2,0069	2,0005
207	P207	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	2,0005	1,9931
208	P208	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9931	1,8652
209	P209	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	1,9931	1,9736

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
210	P210	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9736	1,8457
211	P211	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	1,9736	1,9643
212	P212	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9643	1,8365
213	P213	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	1,9643	1,9614
214	P214	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,9614	1,8356
215	P215	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	2,054	1,9879
216	P216	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	1,9879	1,809
217	P217	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	2,054	2,0408
218	P218	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	2,0408	2,014
219	P219	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,014	2,0095
220	P220	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,0095	1,8838
221	P221	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,014	2,0095
222	P222	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,0095	1,8838
223	P223	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	1,9588	1,953
224	P224	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	1,953	1,8272

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
225	P225	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	2,0408	2,0171
226	P226	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	2,0171	2,0061
227	P227	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,0061	1,8602
228	P228	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	2,0171	2,0061
229	P229	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,0061	1,8602
230	P230	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	65 mm PVC (ANSI) Sch. 40	62,713	5	3,3932	0,0034	1,101	2,0991	2,5756
231	P231	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	2	3,3932	0,0034	1,57	2,5551	2,5414
232	P232	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	3	1,6966	0,0017	1,294	2,5278	2,4991
233	P233	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	40 mm PVC (ANSI) Sch. 40	40,894	2	1,0978	0,0011	0,837	2,5278	2,5224
234	P234	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,3992	0,0004	1,163	2,4991	2,4876
235	P235	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	2,7944	0,0028	1,293	2,0991	2,0753
236	P236	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,4876	2,4831
237	P237	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4831	2,3573
238	P238	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	2,4876	2,4498
239	P239	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,4498	2,3039

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
240	P240	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	1,5	1,2974	0,0013	1,347	2,4991	2,4867
241	P241	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,3992	0,0004	1,163	2,4867	2,4552
242	P242	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,5	0,2994	0,0003	1,53	2,4552	2,4175
243	P243	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4552	2,3295
244	P244	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,4175	2,2716
245	P245	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	0,5	0,8982	0,0009	1,614	2,4867	2,4753
246	P246	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1	0,499	0,0005	1,453	2,4753	2,4395
247	P247	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,5	0,3992	0,0004	1,163	2,4395	2,4272
248	P248	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4395	2,3137
249	P249	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,4272	2,2624
250	P250	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,8	0,3992	0,0004	0,717	2,4753	2,4689
251	P251	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,3992	0,0004	1,163	2,4689	2,4615
252	P252	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4615	2,3336
253	P253	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,2994	0,0003	1,53	2,4615	2,442
254	P254	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,442	2,3141

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
255	P255	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,1996	0,0002	1,02	2,442	2,4327
256	P256	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4327	2,3049
257	P257	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	2,4327	2,4298
258	P258	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4298	2,304
259	P259	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,2994	0,0003	1,53	2,5224	2,4563
260	P260	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	3	0,2994	0,0003	1,53	2,4563	2,2774
261	P261	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	1,5	0,7984	0,0008	1,435	2,5224	2,5092
262	P262	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	2	0,1996	0,0002	1,02	2,5092	2,4824
263	P263	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,4824	2,4779
264	P264	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4779	2,3522
265	P265	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,4824	2,4779
266	P266	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4779	2,3522
267	P267	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1	0,0998	0,0001	0,51	2,4272	2,4214
268	P268	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,4214	2,2956
269	P269	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	25 mm PVC (ANSI) Sch. 40	26,645	3	0,5988	0,0006	1,076	2,5092	2,4855

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter mm	Length m	Mass Flow kg/sec	Vol Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
270	P270	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	2,4855	2,4745
271	P271	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,4745	2,3286
272	P272	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	0,5	0,2994	0,0003	0,872	2,4855	2,4745
273	P273	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,2994	0,0003	1,53	2,4745	2,4754
274	P274	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	1	2,7944	0,0028	1,293	2,5342	2,5278
275	P275	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	2	0,1996	0,0002	0,581	2,5342	2,526
276	P276	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,526	2,3982
277	P277	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,7	0,0998	0,0001	0,51	2,526	2,523
278	P278	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	1,25	0,0998	0,0001	0,51	2,523	2,3973
279	P279	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	3	3,3932	0,0034	1,57	2,5756	2,5551
280	P280	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	50 mm PVC (ANSI) Sch. 40	52,502	1	2,994	0,003	1,386	2,5414	2,5342
281	P281	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	32 mm PVC (ANSI) Sch. 40	35,052	3	0,3992	0,0004	0,415	2,5414	2,5376
282	P282	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	20 mm PVC (ANSI) Sch. 40	20,93	1,25	0,3992	0,0004	1,163	2,5376	2,4051
283	P283	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,2994	0,0003	1,53	2,4051	2,3768
284	P284	Water (20°C at 0,0bar.g, density 998,000000 kg/m ³)	15 mm PVC (ANSI) Sch. 40	15,799	0,5	0,0998	0,0001	0,51	2,4051	2,4016