KAJIAN PERENCANAAN ECO - DRAINASE DI KOTA MAKASSAR BERBASIS POMPA AIR TANPA MOTOR (PATM)

OLEH :

Dr. Ir. FIRDAUS CHAIRUDDIN, MSi / 0316-25902

FERDINANDUS SAMPE, S.E., MBUS., Ph.D / 0314064701

SEAN C. SUMARTA 0897058203

UNIVERSITAS ATMA JAYA

MAKASSAR

2020

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian	Kajian Pencemaran Eco – Disease Kota Makassar Berbasis Pompa Air Tanpa Motor (PATM)
2. Ketua Tim Peneliti	
a. Nama	Dr. Ir. Firdaus Chamidda, M.S
b. NIDN/NIP	0013121903/199012151992031003
c. Pangkat / Golongan	Lektor Kepala / IV/c
d. Program Studi	Teknik Sipil
e. Perguruan Tinggi	Universitas Asana Ann Makassar
f. Bidang Keahlian	Hidrologi dan Manajemen Konservasi
3. Anggota Tim Peneliti	
a. Jumlah Anggota : Dosen 2 orang	
1) Anggota I	
a) Nama	Fortunatus Sampe, S.E., M.B.U.S., Ph.D
b) Bid. Keahlian	Ekonomi Pembangunan
2) Anggota II	
a) Nama	Sam Conny Samaru, ST., M.Eng
b) Bid. Keahlian	Teknologi Informasi
4. Lokasi Kegiatan / Mitra	
a. Wilayah Mitra (Kel/Kec)	Makassar
b. Kabupaten / Kota	Makassar
c. Provinsi	Sulawesi Selatan
5. Lama yang diusulkan	Air Bersih
6. Jangka Waktu Pelaksanaan	3 Bulan
7. Biaya	Rp.

Makassar, 6 Juli 2020

Mengetahui,	Pengusul,
Ketua LPPM	
Universitas Asana Ann Makassar	
(Dr. Ir. Firdaus Chamidda, MSc)	(Dr. Ir. Firdaus Chamidda, MSc)
NIDN: 0013121903	NIDN: 0013121903

RINGKASAN

Sebagai Ibu Kota Propinsi dan pusat pengembangan kawasan timur Indonesia, Kota Makassar menjadi pusat stimulasi dengan jumlah penduduk yang terus bertambah. Akibat pertumbuhan jumlah penduduk tersebut, terjadi kebutuhan lahan dan perubahan tata guna lahan. Pertambahan jumlah penduduk tersebut, menimbulkan sejumlah masalah baru seperti jika musim berhujan, warga Kota Makassar kewalahan air banjir, kesengsara saat musim hujan terjadi banjir, penggunaan air tanah yang semakin meningkat menyebabkan penurunan permukaan tanah secara perlahan dan masih banyak lagi masalah lain.

Salah satu masalah yang perlu penanganan mendasar karena memiliki dampak berantai adalah banjir. Setiap musim penghujan tiba, Kota Makassar dihadapkan dengan kesiapan adanya banjir. Dengan kondisi fisik wilayah perkotaan yang cenderung datar serta sistem drainase yang ada saat ini sepertinya belum cenderung sehingga setiap kali hujan melanda kota Makassar kota dan sisi jalan, sejumlah ruas jalan dan kompleks perumahan tergenang dan terendam. Kesulitan yang seperti ini dapat menganggu perkembangan Kota Makassar, selain mengakibatkan kerugian secara material, banjir menimbulkan kesan ketidaknyamanan dan mengganggu aktivitas sehingga akan mengganggu pertumbuhan kota. Meskipun banjir di Kota Makassar tidak menimbulkan korban jiwa, namun perlu adanya mitigasi pengurangan dampak terhadap hal ini.

Salah satu model dalam yang ramah lingkungan tersebut adalah dengan pompa air tanpa motor yang sebelas memompanya dikawasan pada level volume air. Selain dapat dipasang pada sungai-sungai utama yang melintasi kota Makassar yaitu Sungai Jeneberang, Sungai Tallo dan Sungai Pampang, pompa tanpa motor ini juga dapat digunakan untuk menetapkan pembuangan air dari dalam kota ke luar kota. Desain eco-drainase berbasis pompa air tanpa motor ini akan masuk dalam satu kategori sistem drainase perkotaan berkelanjutan (SUDD), menggunakan teknik sebagai sistem pemanfaatan dan dimulai dapat memiliki kontro yang lebih baik terhadap drainase air.

Kunci: banjir, air bersih,drainase, eco-drainase, PATM

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kota Metropolitan Makassar, Ibukota Provinsi Sulawesi Selatan, merupakan pusat pemerintahan dengan berbagai kegiatan ekonomi, perdagangan, kebudayaan maupun pariwisata (Bappeda Kota Makassar, 2017). Secara geografis Kota Metropolitan Makassar terletak di pesisir pantai barat Sulawesi Selatan pada koordinat 119°18'21.87" – 119°32'31.03" Bujur Timur dan 5°08'30.18" – 5°14'9.48" Lintang Selatan dengan luas wilayah sekitar 175,77 km² (BPS, 2017).

Kota Makassar adalah kota yang letaknya berada dekat dengan pantai, membentang sepanjang kontur Barat dan Utara, lazim disebut sebagai kota dengan ciri "Waterfront City", di dalamnya mengalir sungai Jeneberang, Sungai Tallo dan Sungai Pampang yang semuanya bermuara ke dalam kota (Nawir dan Umar, 2018). Sungai Jeneberang misalnya, yang mengalir melintas wilayah Kabupaten Gowa dan bermuara ke bagian selatan Kota Makassar merupakan sungai dengan kapasitas sedang (debit air 1-2 mkdetik), sedangkan sungai Tallo dan Pampang yang bermuara di bagian utara Makassar adalah sungai dengan kapasitas rendah berdebit kira-kira hanya mencapai 0-5 mcdetik di musim kemarau (Umar dan Nawir, 2018).

Dari dua sungai besar yang mengalir di dalam kota secara umum kondisinya dalam banyak dimanfaatkan (Kuo dkk, 2016); sudah banyak kasus penelitian yang dilakukan terhadap sungai-sungai ini dimulai dari rencana bagaimana mengadakan sungai-sungai ini, sebagai saluran drainase hingga pada rencana bagaimana menjadikannya sebagai jalur alternatif lalu lintas transportasi kota (Kuwahara, 2010).

Sebagai Ibu Kota Propinsi dan pusat pengembangan kawasan timur Indonesia, Kota Makassar menjadi pusat bisnis dengan jumlah penduduk yang terus bertambah (Bappeda Kota Makassar, 2017). Akibat

pertumbuhan jumlah penduduk tersebut, terjadi kerusakan lingkungan dan perubahan tata guna lahan (Nandini, 2010). Pertambahan jumlah penduduk tersebut menimbulkan sejumlah masalah baru seperti jika musim kemarau, warga Kota Makassar kekurangan air bersih sedangkan saat musim hujan terjadi banjir, penggunaan air tanah yang semakin meningkat (Nandini, 2010), menyebabkan penurunan permukaan tanah secara perlahan dan masih banyak lagi masalah lanjutannya (Ali Nawir, 2018).

Salah satu masalah yang perlu penanganan mendasar, karena merugi dampak bencana adalah banjir (Bappeda Kota Makassar, 2017). Setiap musim penghujan tiba, Kota Makassar dihadapkan dengan masalah adanya banjir (Nandini, 2010). Dengan kondisi fisik wilayah perkotaan yang cenderung datar serta kondisi drainase yang ada saat ini sepertinya belum berfungsi optimal sehingga setiap kali hujan menggguyur Kota Makassar lebih dari lima jam, sejumlah ruas jalan dan kompleks perumahan tergenang dan kebanjiran (Nandini, 2010). Kondisi yang seperti ini sangat mengganggu perkembangan Kota Makassar, selain mengakibatkan kerugian secara materil, banjir menimbulkan kesan ketidaknyamanan dan mengganggu individu sehingga akan mengganggu pertumbuhan kota. Meskipun banjir di Kota Makassar tidak menimbulkan korban jiwa, namun perlu adanya mitigasi pengurangan dampak di masa kini.

Terjadinya banjir bukan saja disebabkan oleh adanya masalah pada aspek teknis (infrastruktur), namun juga terkait dengan masalah lingkungan, sosial, ekonomi, perilaku/budaya, dan kelembagaan masyarakat, sehingga penanganan banjir merupakan tanggung jawab semua pihak dan harus dilakukan secara komprehensif (Bappeda Kota Makassar, 2012). Pemerintah Kota Makassar telah merencanakan penanganan masalah banjir, seperti yang tertuang pada dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Makassar Tahun 2010-2015 (Perda Kota Makassar No. 9 Tahun 2009) dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Makassar tahun 2005-2015

(Bappeda Kota Makassar, 2017) yang dikaitkan untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut dengan menekankan pada dorongan aspirasi pembangunan masyarakat di Kota Makassar.

Upaya pengendalian banjir telah menjadi prioritas Pemerintah Kota Makassar, namun dari tahun ke tahun kejadian banjir masih sering terjadi di Kota Makassar (Pandim, 2016). Seiring dengan kejadian tersebut, maka evaluasi perlu dilakukan untuk meninjau sejauh mana upaya pengendalian banjir tersebut dan dampaknya dan implementasinya.

Banyak penelitian telah dilakukan untuk desain saluran drainase yang optimal (American Society of Civil Engineers, 2013; Liebrose dkk, 2018). Ada dua model optimal dalam desain saluran drainase yaitu model rancang atau kota-cerdas dan model produktifitas berbasis biaya (Bull, 2014). Sejumlah peneliti juga telah mengembangkan desain optimal multi-objektif dari saluran drainase yang menggabungkan model hidrolik dengan model berbasis biaya (Kanja dkk, 2013; Pinney dkk, 2016). Model-model ini dikembangkan dengan desain optimal multi-objektif tipikal situasi seperti risiko banjir minimum dan biaya, dan berbasis hidrolik umum seperti itu sebagai volume limpasan dan laju aliran puncak.

Perubahan lingkungan akan meningkatkan ketidakpastian desain drainase perkotaan terutama karena cuaca untuk secara akurat memprediksi perubahan (Chung, 2018; Deletic dkk, 2018). Beberapa peneliti telah berusaha untuk mengembangkan beberapa pendekatan terhadap ketidakpastian aktual perubahan iklim dalam desain drainase perkotaan, seperti penilaian otomatis menggunakan alat perencanaan kota baru dan desain berbasis yang ramah lingkungan atau eco-drainase (Jakeman dkk, 2018). Model-model tersebut dikembangkan secara kontur dan kecukupan sistem drainase sekunder.

Salah satu model desain yang ramah lingkungan tersebut adalah desain pompa air tanpa mesin yang aktivitas mesinnya ditekankan pada level volume air (Badi dkk, 2017; Khaka dkk, 2019). Selain dapat dipasang pada sungai-sungai utama yang melintasi Kota Makassar yaitu Sungai Jeneberang, Sungai Tallo dan Sungai Pampang, pompa tanpa

motor ini juga dapat digunakan untuk menghayati pembuangan air dari dalam kota ke luar kota. Desain eco-drainase berbasis pompa air tanpa motor ini sudah masuk salah satu kategori sistem drainase perkotaan berkelanjutan (SUDS), menggunakan teknik sebagai solusi pengurangan dan dimasukan dapat memiliki kontrol yang lebih baik terhadap drainase air.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pelaksanaan eco drainase berbasis pompa air tanpa motor dengan dua tujuan spesifik yaitu:

a. Terwujudnya prototipe micro eco-drain dengan wujud rancangan penggunaan pompa air tanpa mesin pada tiga sampel yang mewakili kota Makassar
b. Terwujudnya bentang pemanfaatan sebagai sarana pengendalian air untuk mencegah banjir dan pemenuhan bahan baku air bersih
c. Terwujudnya micro eco-drain untuk pulau – pulau di kota Makassar
d. Menentukan manfaat biaya eco-drainase kota Makassar

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah pengurangan potensi banjir dalam Kota Makassar dan tersedianya air bersih yang berkelanjutan. Secara lebih spesifik, penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Untuk melengkapi kekurangan air bersih menunjang covid – 19
2. Mendaur ulang buangan air sungai dan laut menjadi air bersih

1.4 Sistematika Penulisan

Penulisan dimulai dengan pendahuluan yang berisi latar belakang dan permasalahan masalah, tujuan penelitian, manfaat dan sistematika penulisan. Selanjutnya tinjauan pustaka yang berisi tentang sistem drainase, aspek pelanggaran banjir, pengunaan pompa dan sistem informasi geografis. Selanjut tinjauan pustaka disusul dengan metode penelitian yang berisi desain penelitian, populasi dan sampel, lokasi

pengumpulan data serta teknik analisis data. Proposal ini ditutup dengan daftar pustaka.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Banjir

Banjir dalam pengertian umum adalah debit aliran air sungai dalam jumlah yang tinggi, atau debit aliran air di sungai secara relatif lebih besar dari kondisi normal akibat hujan yang turun di hulu atau di suatu tempat tertentu terjadi secara terus menerus, sehingga air tersebut tidak dapat ditampung oleh alur sungai yang ada, maka air melimpah keluar dan menggenangi daerah sekitarnya (Chung, 2016; Butler dkk, 2016). Melimpahnya air yang menggenangi daerah pemukiman atau lahan produktif ini menjadi masalah besar yang dapat memicu kerugian baik material maupun non-material (Ghalkhani dkk., 2010).

Jika melimpahnya air tersebut terjadi di dataran tinggi dengan daerah aliran sungai yang relatif kecil, maka akan terjadi banjir bandang. Banjir bandang adalah banjir besar yang datang dengan tiba-tiba dan mengalir dengan membawa benda-benda besar seperti kayu dan sebagainya (Marfai dan Tung, 2016). Dengan demikian banjir harus dilihat dari besarnya pasokan air banjir yang berasal dari air hujan yang jatuh dan diproses oleh DTA-nya (catchment area), serta kapasitas tampung palung sungai dalam mengalirkan pasokan air tersebut (Qiu, 2017; Perrou dkk, 2018). Perubahan penutupan lahan di DAS dari hutan ke lahan terbuka atau pemukiman, menyebabkan air hujan yang jatuh dalamnya secara nyata meningkatkan aliran permukaan (runoff) yang selanjutnya bisa memicu terjadinya banjir di hilir (Pavlovsky, 2018).

2.1.2 Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir dimaksudkan untuk mencegah dampak negatif dari bencana banjir, antara lain korban jiwa, kerusakan harta benda, kerusakan lingkungan dan terganggunya kegiatan sosial ekonomi (Qiu, 2017). Pengendalian banjir pada prinsipnya cara bagaimana air

sebanyak mungkin di hulu dengan membuat vegetasi dan konservasi tanah dan air (Mirzaee dkk, 2019) atau menyapture kelebihan tanah air hujan sebanyak mungkin sengan cara-cara resapan dan menyediakan daerah terbuka hijau (Cosgrove, 2019). Mengendalikan air di bagian tengah dengan menyimpan sementara di daerah retensi dan mengalirkan air selepasnya ke muara atau ke laut dengan menjaga kapasitas wadah kadar air (Thorndahl dkk, 2018). Cara-cara pengendalian tersebut dapat dilakukan secara terpisah atau bersamaan bergantung kondisinya di lapangan.

Dalam melakukan pengendalian banjir perlu disusun strategi agar hasil yang diharapkan dapat dicapai (Cosgrove, 2019). Strategi pertama yang dapat dilakukan adalah pengendalian tata ruang (Hart dkk, 2014), berupa pelestarian penggunaan ruang sesuai kemampuannya dengan mempertimbangkan permasalahan banjir, pemanfaatan lahan sesuai dengan peruntukannya, penegakan hukum terhadap pelanggaran rencana tata ruang yang telah mempertimbangkan Rencana Induk Pengembangan Wilayah Sungai. Strategi kedua adalah pengaturan debit banjir dilakukan melalui kegiatan pembangunan dan pengaturan (Deletic dkk, 2019): bendungan dan waduk banjir, tanggul banjir, polder sungai, pembagi atau pelimpah banjir, daerah retensi banjir dan sistem polder. Strategi ketiga adalah pengaturan daerah rawan banjir (Lindersholmdt dkk, 2019) dilakukan dengan cara:

Pengaturan tata guna lahan daerah banjir (flood plain management), berupa penetapan garis sempadan sungai, penutupan lahan di lahan sungai, penutupan dangunan disepanjang aliran sungai. Strategi ke empat berupa pemngakatan peran masyarakat (Peyras dkk, 2019) yang dapat dimuadikan dalam pemodelanan tahan pacuan banjir sebagai wadah sap masyarakat untuk berperan dalam pengendalian banjir.

2.1.3 Pengertian Drainase

Drainase berarti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air (Xu, 2019). Secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal

dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan/lahan tidak terganggu (Burt, 2014). Drainase dapat juga dianggap sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas (Andersen & Thorndale, 2019). Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

2.1.4 Sistem Drainase

Sistem Drainase dapat didefinisikan sebagai fasilitas tetap, fasilitas erotas mengalir, dan sistem kontrol yang memungkinkan orang dan barang untuk melintasi gerakan ruang geografis secara efisien untuk berpartisipasi secara tepat waktu dalam beberapa yang diinginkan aktivitas (Burtet, 2019).

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat dimanfaatkan secara optimal (Clemens, 2014). Bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (interceptor drain), saluran pengumpul (collector drain), saluran penerima (conveyor drain), saluran induk (main drain) dan badan air penerima (receiving waters). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (aqueduct), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando, dan stasiun pompa (American Society of Civil Engineers, 2013). Sistem drainase ini memungkinkan pemanfaatan air secara optimal dan mengurangi dampak buruk berupa genangan atau malapetaka lainnya.

2.1.5 Metode Pengembangan Sistem Drainase

Pengembangan sistem drainase harus dilakukan dengan pemetaan yang mendetail dan perencanaan yang matang. Menurut Butler dkk (2017), penelitian yang dilakukan paling kurang mencakup :

a. Peta Topografi

b. Peta Iklim
c. Peta Hidrologi
d. Peta Daerah Genangan
e. Peta Tutupan Lahan
f. Peta Rencana Pengembangan kota mendatang
g. Peta Sistem drainase yang sudah ada kota ada

Penelitian tersebut akan mengungkap kekurangan air dan suatu kawasan kota dengan cara mengalirkan ke pemusungan air, seperti sungai, danau, atau saluran melalui pemanfaatan lahan (surface drainage) maupun bawah pemanfaatan lahan (subsurface drainage) untuk mengendalikan terjadinya genangan air. Kelebihan air tersebut berasal dari hujan, dari buangan air hujan, bekas juga dari air limbah domestik dan industri. Sumber yang paling dominan adalah air hujan.

Temuan dari penelitian dapat digunakan untuk pengembangan sistem drainase yang paling efektif dan efisien dalam kondisi kota (Andersen & Thorndahl, 2009). Kesesuaian sistem drainase akan menjamin optimalisasi manfaat drainase untuk lingkungan.

3.1.6 Sistem Informasi Geografi

Sistem informasi Geografi menghadirkan aspek data spasial dan data non spasial . Data geografi yang sudah komputerisasi berperan penting memformulasi perubahan bagaimana menggunakan dan mengatasi informasi tentang bumi. Pencocokan peta dengan cara tradisional tidak dimungkinkan dalam suatu sistem yang memiliki komponen pada pemakai secara langsung bisa melihat informasi yang dipilih

3.1.7 Pompa Air Tanpa Motor (PATM)

Pompa Air Tanpa Motor (PATM) adalah suatu alat yang digunakan untuk memompa atau mengalirkan air dari tempat rendah ke tempat yang

lebih tinggi dengan cara kerja yang sederhana dan efisien sesuai dengan persyaratan teknis dan operasionalnya.

2.1.8 Ukuran Pompa Air Tanpa Motor (PATM)

Ukuran Pompa Air Tanpa Motor (PATM) adalah sebagai berikut :

- Blok pompa : 56c
- Tabung pompa : 8 m
- Tinggi rak : 3,15 m dari PATM

  Pipa bulatan jajaran saluran :
- Panjang : 32 cm
- Lebar bulatan bawah : 12 cm
- Lebar bulatan atas : 4 cm
- Besar bawah : 5 cm

2.1.9 Mekanisme Pompa Air Tanpa Motor (PATM)

Mekanisme Pompa Air Tanpa Motor adalah :

1) Sistem kerja PATM dimana dengan aliran air dari sumber melalui pipa pemasukan dan keluar ke katup limbah.
2) Gaya tekan air yang masuk ke dalam pompa akan mendorong katup pompa ke atas sehingga tertutup dan menghentikan aliran air dalam pipa pemasukan. Penghentian aliran air secara tiba-tiba akan menghasilkan tekanan tinggi dalam pompa.
3) Tekanan tinggi dalam pompa akan mengatasi tekanan ruang udara pada katup pengantar sehingga air dari sumber mengalir lagi dari pipa pengubung.
4) Perputaran ini berlangsung berulang-ulang dengan frekuensi yang sangat cepat sehingga air mengalir melalui pipa pemasukan dan pengeluaran secara kontinyu.

2.1.10 Prinsip Kerja Pompa Air Tenaga Motor (PATM)

Prinsip kerja PATM merupakan proses pengubahan kinetik energi air menjadi tekanan dinamis, sehingga menimbulkan momentum air yang berkecepatan tinggi dalam pipa pompa. Tekanan ini mengakibatkan katup pompa dan katup pengantar dalam tabung pompa terbuka dan tertutup secara bergantian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian kami melakukan studi pustaka terhadap penelitian – penelitian yang berkaitan penelitian ini. Adapun penelitian yang kami jadikan rujukan sebagai berikut :

1. Penelitian dengan judul "PERENCANAAN EKO-DRAINAGE DI KAWASAN GAMPONG KEURAMAT KOTA BANDA ACEH" oleh Munzirwan Hatta. Secara umum di kawasan Gampong Keuramat masih menggunakan konsep drainase konvensional. Seiring dengan pesatnya pembangunan yang terjadi di Kota Banda Aceh khususnya kawasan Gampong Keuramat pasca Tsunami 2004, mengakibatkan semakin berkurangnya lahan kosong yang bisa digunakan untuk meresapkan air ke dalam tanah. Hal ini menyebabkan terganggunya siklus tata air dan berpengaruh terhadap pengendalian banjir perkotaan. Menyangkut dengan permasalahan tersebut diperlukan pengendalian debit puncak melalui upaya-upaya struktural dan penerapan drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis debit aliran (Qpeak) sistem drainase dengan menggunakan konsep sistem eko-drainase dan merumuskan strategi untuk menerapkan konsep sistem eko-drainase dengan menggunakan analisis SWOT. Metode pengumpulan data yaitu menggunakan data sekunder dan data primer. Data diolah secara statistik deskriptif dan analisis SWOT. Dari hasil observasi, kondisi eksisting

kondisi jalan dan saluran di Gampoeng Kawanar, perlu dipelihara dan ditingkatkan. Hasil perhitungan menujukkan, pada zona pelayanan I s.d V terjadi penurunan debit rata-rata sebesar 46,948%, 53,412%, 43,463%, 72,834%, dan 72,519%. Hasil analisis SWOT diperoleh strategi-strategi yaitu (1) memantapkan dukungan masyarakat dalam upaya mengatasi permasalahan drainase seperti genangan dengan pembangunan drainase berwawasan atau eco-drainase, (2) meyakinkan Pemerintah Daerah agar dapat mendukung programmengatasi eco-drainase dengan pengalokasian dana yang sesuai tepat sasaran untuk mengatasi permasalahan-permasalahan banjir, menjaga kelangsungan air dan saluran drainase di Gampoeng Kawanar, (3) memantapkan dukungan masyarakat dalam pemutakhiran lahan untuk membuat sumur resapan dan mempertahankan lahan resapan di lingkungan perkotaan, dan (4) melakukan sosialisasi kepada masyarakat untuk merubah paradigma dalam mengatasi banjir dari usaha menjauhkan air dari pemukiman dengan berusaha menyimpan air selama mungkin dan memanfaatkan air sebanyak mungkin yang disebut dengan konsep "eco-drainase".

2. Penelitian dengan judul "PERENCANAAN EKO-DRAINASE KAWASAN PERUMAHAN TEMBALANG PEDONA ASRI s SEMARANG" oleh Ali Afkani, Vonni Budi Cahyani, Dwi Kurniati dan Hary Budiarty. Seiring dengan pesatnya pembangunan yang terjadi di Indonesia, mengakibatkan semakin berkurangnya lahan kosong yang bisa dipergunakan untuk meresapkan air kedalam tanah.Hal ini menyebabkan sering terjadi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau. Di sisi lain kejadi penurunan kemampuan lahan untuk meresapkan air sebagai akibat adanya perubahan tata guna lahan. Sebelum pembangunan, kawasan study menyumbang debit limpasan sebesar 0,107 m3/dtk dan volume limpasan sebesar 001,2m3 . Setelah pembangunan perumahan Tembalang Pedona Asri.

debit puncak dan volume limpasan meningkat menjadi 0,373 m3 /dtk dan 2061,8 m3 . Sehingga diperlukan kenaikan debit dan volume limpasan akibat pembangunan perumahan adalah sebesar 0,406 m3 /detik dan 1461,6 m3 . Eko-drainase didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara sebesar-besarnya dimasukkan ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya. Fasilitas eko-drainase yang direkayasa dalam tugas akhir ini meliputi sumur resapan dan bioretensi untuk mengurangkan debit dan volume limpasan mendekati kondisi sebelum pembangunan, maka dibutuhkan fasilitas eko-drainase minimal sebanyak 177 buah sumur resapan dengan diameter 1,5 m kedalaman 3 m, bioretensi seluas 1300 m2 yang dibangun seluas 592 m2 pada Blok R dan 740 m2 pada Blok A. Pembangunan fasilitas Eko-drainase di wilayah Perumahan Tambaleng Pesona Asri mengurangi volume limpasan sebesar 1.230.419 m3 atau sebesar 83,5% dari volume limpasan akibat pembangunan perumahan.Pembangunan fasilitas Eko-drainase ini membutuhkan waktu selama 3 bulan dengan total biaya yang dikeluarkan adalah Rp.1.200.126.122,- (satu milyar dua ratus sembilan juta tujuh ratus dua puluh satu ribu sembilan tujuh puluh tiga rupiah). Total rumah di perumahan Tambaleng Pesona Asri adalah 287 rumah, sehingga tiap rumah mendapat kenaikan konstruksi sebesar Rp 4.212.893,- (empat juta dua ratus dua belas ribu sembilan ratus delapan puluh tiga rupiah).

3. Penelitian dengan judul "STUDI PENERAPAN ECODRAIN PADA SISTEM DRAINASE PERKOTAAN (Studi Kasus : Perumahan Savegagi Kota Manado)" oleh Vita Ardiyani , Marwanto Blair dan Samadi. Ekodrainase merupakan konsep pengelolaan air hujan dan limpasannya pada sistem drainase perkotaan. Pada musim hujan, Samojlajer sebagai kawasan padat bangunan dan

penduduk menjadi salah satu daerah genangan di Kota Malang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas saluran drainase eksisting, mengetahui penempatan dan dimensi struktur ekodrainase yang sesuai dengan kondisi Perumahan Sawojajar serta mengetahui prosentase reduksi debit limpasan hujan dengan penerapan ekodrainase di lokasi studi. Untuk mengantisipasinya, dilakukan pemodelan limpasan hujan kala ulang 5 tahun menggunakan rainfall storm Water Management Model (SWMM) dengan memasukkan kondisi jaringan drainase sebelum dan sesudah penerapan sumur resapan, biopori dan perkerasan permeable. Untuk simulasi hujan rancangan menggunakan data curah hujan jam-jaman yang diperoleh dari stasiun perusahaan Kedungkandang selama 10 tahun (2005 – 2015). Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Sherman, diperoleh intensitas hujan durasi 2 jam dengan kala ulang 5 tahun sebesar 22.67 mm/jam. Untuk kalibrasi model, data curah hujan dan debit outlet menggunakan hasil pengamatan pada tanggal 02 April, 14 April dan 20 Oktober 2016. Hasil kalibrasi model menunjukkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) antara debit pemodelan dengan debit terukur sebesar 3.1%, sedangkan nilai RMSE hasil validasi dan verifikasi masing-masing sebesar 4.71% dan 4.42%. Hasil simulasi menunjukkan kapasitas saluran drainase eksisting tidak mampu menampung hujan kala ulang 5 tahun, mengakibatkan genangan di 25 titik. Prosentase reduksi debit limpasan lahan dan saluran dengan penerapan sumur resapan, biopori dan perkerasan permeable berkisar antara 14.49%- 52.29%, sedangkan reduksi debit puncak di outlet akhir mencapai 37.55%. Sumur resapan mereduksi 23.41% debit limpasan, perkerasan permeable 14.03% sedangkan biopori 3.1%.

4. Penelitian yang berjudul "Studi Pemanfaatan 'Constructed Wetland' (Rawa Buatan) sebagai Komponen Eko-drainase

Sesuai Sitel-Sitel Hujan di Wilayah Manado" oleh Ivi Ronald Mangangka dan Eveline Venta Wakan. Masalah banjir dan kekeringan lingkungan merupakan konsekuensi dari pembangunan. Dampak tersebut termasuk pencemaran terhadap kualitas air hujan maupun kuantitasnya (Goonetilleke dkk, 2005; Prakash, 2005; Wong, 2006). Hal ini disebabkan karena bertambahnya luasan permukaan lahan yang kedap air dan meningkatnya aktivitas kelompok manusia yang menghasilkan produksi berbagai jenis limbah (Hamphen dkk, 2006). Kota Manado merupakan kota yang strategis dan memiliki perkembangan dan tingkat pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang sangat pesat. Dalam kurun waktu kurang dari dua dasawarsa lebih dari 50 ha kawasan bekas cara telah dikembangkan melalui upaya reklamasi. Pantai Manado. Demikian pula halnya pembangunan wilayah pemukiman baru dalam sepuluh tahun terakhir ini telah menyebabkan perubahan tangkal lahan Kota Manado yang sangat signifikan. Melajunya pembangunan dan pembukaan lahan baru baik untuk kawasan ekonomi/bisnis maupun kawasan pemukiman secara signifikan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan hidup (environmental degradation). Penerapan sistem drainase yang berwawasan lingkungan (eco-drainage) yang merupakan komponen dari model pembangunan perkotaan (urban development) yang modern dan berwawasan lingkungan sangat diperlukan untuk mewujudkan Visi Kota Manado yaitu "Manado Kota Model Ekowisata". Water Sensitive Urban Design (WSUD) merupakan salah satu konsep pengelolaan air hujan yang berwawasan lingkungan yang dapat menggantikan sistem drainase konvensional. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau dan mengevaluasi efektivitas salah satu komponen WSUD sebagai sistem eko-drainase, yaitu "constructed wetland" (rawa buatan) agar diperoleh dimensi yang optimal berdasarkan

elak-elak tujan di alayah Manado. Hasil evaluasi berupa pertimbangan dimensi yang optimal tersebut selanjutnya dapat dijadikan untuk dijadikan standar perencanaan.

2. Penelitian dengan judul "TINJAUAN KINERJA POMPA AIR TANPA MOTOR (PATM) DESA ALALE KABUPATEN BONE BOLANGO" oleh Anor Romadhan Himan. Masih kemarau menjadi masalah utama bagi petani yang hanya mengandalkan sapu air matau bendungan atau saluran irigasi. Air mengalir barang berhenti dan menjadi rebutan. Namun masalah tersebut teratasi dengan adanya Pompa Air Tanpa Motor atau Hidram (Hydraulic Ram). Jenis pompa air ini sangatlah cocok untuk irigasi dan pengadaan air baku. Efisiensinya sangat tinggi karena pompa ini tidak tergantung kepada bahan bakar minyak, tidak ada pun oli mesin, hingga dapat beroperasi 24 jam terus menerus dan juga biaya operasionalnya bisa dikatakan sangat sedikit dan perawatan dan perbaikan sangat mudah, tidak memerlukan tenaga ahli khusus. Tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisis ketersediaan air yang dibutuhkan untuk menggerakkan PATV, mengetahui kinerja PATM, dan Mengetahui Kondisi PATV. Berdasarkan hasil penelitian debit air yang ada tidak mempengaruhi efisiensi PATM itu sendiri, debit yang dipakai dalam beberapa tahun terakhir dengan jumlah rata-rata yang ada adalah 46,332 liter/detik dan untuk kebutuhan debit air pada PATV diperoleh hasil rata 17,226 liter/detik. PATV adalah berkerja pompa tanpa dengan menggunakan pemanfaatan gravitasi dimana akan menciptakan energi dari hantaman air yang mengalir tekan air dan juga untuk mendorong ke tempat yang lebih tinggi. Kondisi pompa saat ini telah mengalami kerusakan sebanyak 9 unit pompa, hal ini sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air baku yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya untuk kebutuhan lahan pertanian dan peternakan.

8. Penelitian dengan judul "Perbandingan Biaya Pokok Pengangkatan Air dengan Pompa Air Tanpa Mesin (PATM) dan dengan Pompa Mesin (Studi Kasus Jaringan Irigasi Sistem Pompa Air Tanpa Mesin di Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo)" oleh Wonaya, Abdul Wahid Karim, Dedi Kurniadi Asfar dan I Wayan, Mengingat sumber air yang terbatas, maka pemanfaatan air irigasi secara optimal perlu dilakukan. Irigasi merupakan bagian dari program intensifikasi yang besar cakupannya dalam usaha peningkatan produksi pertanian, terutama tanaman pangan. Sistem irigasi pada dasarnya adalah untuk memanfaat kelebihan air serta mengelola sumber daya air yang ada. Jaringan irigasi yang ada saat ini tidak sepenuhnya dapat memenuhi kebutuhan air pada daerah irigasi yang bersangkutan. Semakin jauh daerah irigasi dari sumber air maka akan semakin kecil jumlah air yang diterima. Pompa hidram adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang akan dialirkan. Pengadaan infrastruktur pompa air tanpa mesin ini diharapkan dapat menanggulangi krisis air tersebut pada saat musim kemarau. Pengadaan infrastruktur ini masih belum sepenuh dipertimbangkan pemeliharaan dan pendayaannya sehingga kinerja dari PATM belum optimal. Oleh karena itu perlu adanya penelitian mengenai biaya pokok air dari PATM agar dapat menjadi sebuah solusi yang nyata dan dapat menjawab realita saat ini tentang PATM yang merupakan suatu barang yang mahal. PATM di Kabupaten Bone Bolango memiliki efisiensi yang kecil yaitu 13,8% dibandingkan dengan yang direncanakan yaitu 38,8%. Hal ini disebabkan oleh terdapat kerusakan yang terjadi pada beberapa komponen PATM. Kerusakan yang sering terjadi pada PATM adalah paking yang sering lepas, katup yang sudah tidak bergerak dengan baik, dan baut-baut yang telah lepas.

Biaya pokok pengangkatan air PATM di Kabupaten Bone Bolango pada keadaan aktual lebih mahal dibandingkan perencanaan. Biaya pokok pengangkatan air PATM pada keadaan aktual sebesar Rp. 3.850/m3, sedangkan dalam perencanaan biaya pokok pengangkatan air sebesar Rp 976/m3. PATM di Kabupaten Gorontalo mempermasalkan perbedaan biaya pokok pengangkatan air yang lebih besar pada keadaan aktual dibandingkan dengan keadaan perencanaan. Biaya pokok pengangkatan air pada keadaan aktual sebesar Rp 1.286/m3, sedangkan pada keadaan perencanaan sebesar Rp. 160/m3. Perbedaan biaya pokok pengangkatan air di Kabupaten Bone Bolango dan di Kabupaten Gorontalo disebabkan oleh adanya perbedaan lokasi lokasi dan jumlah unit PATM. Jika PATM digantikan dengan pompa mesin Magura 6 lobi dengan daya 25 HP, maka secara teoritis dalam pengoperasian 12 jam/hari selama 300 hari/tahun untuk PATM di Kabupaten Bone Bolango biaya pokok pengangkatan air sebesar Rp 1.951/m3 sedangkan untuk penggunaan pompa mesin sebesar Rp 293/m3. Biaya pokok pengangkatan air di Kabupaten Gorontalo sebesar Rp 976/m3, sedangkan untuk penggunaan pompa mesin sebesar Rp 160/m3.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian tentang evaluasi saluran drainase di Kota Makassar ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif merupakan dasar bagi semua penelitian. Penelitian deskriptif dapat dilakukan secara kuantitatif agar dapat dilakukan analisis statistik. Data yang dipersiapkan untuk menyelesaikan kasus sesuai tujuan dan permasalahan adalah sebagai berikut :

a. Data curah hujan harian.
b. Data peta topografi.
c. Data peta tata guna lahan.
d. Data peta jaringan drainase.
e. Data profil memanjang saluran.
f. Data jumlah penduduk.
g. Data pengamatan debit di lapangan.

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini meliputi tiga sungai yang melintasi Kota Makassar akan dijadikan obyek penelitian. Ketiga sungai tersebut adalah Sungai Jeneberang, Sungai Tallo dan Sungai Pampang.

Sampel penelitian adalah bagian sungai yang memiliki kedalaman dan lebar yang cukup untuk pembuatan kolam penampungan serta pemukiman yang tidak sebagai sarana rekreasi masyarakat Kota Makassar dan sekitarnya.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan menggunakan GIS (Geographic Information System). Informasi Geografis (GIS) adalah alat yang ampuh untuk mengelola dan menganalisis data direferensikan ke lokasi geografis. GIS dapat digunakan untuk mengintegrasikan data geografis dan tabel, dan untuk mengambil informasi yang relevan secara cepat dan efisien

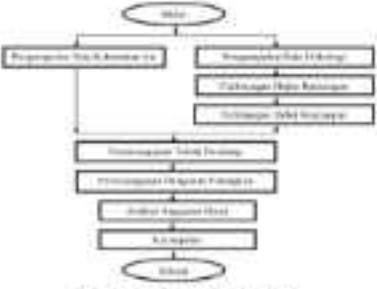
(Chang Albinus 2007). Kemampuan ini sangat membantu untuk sistem manajemen infrastruktur untuk menemukan dan mengelola semua fitur dalam sistem. Dalam studi ini, GIS digunakan untuk menentukan data sebaran air, sebaran banjir, topografi Kota Makassar dan memvisualisasikan kinerja infrastruktur drainase Pompa Air Tanpa Motor.

3.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan cara pemilangan matematis atau statistik terhadap data yang telah dipakai, baik data yang diperoleh dari GIS maupun hasil pengamatan lapangan. GIS sebagai komputer kasar dan perangkat keras dan perangkat lunak komputer, data geografis dan manusia dapat digunakan secara efisien untuk memasukkan, menyimpan, memanipulasi, mengamatan dan menampilkan semua bentuk informasi geografis yang dibutuhkan untuk perancangan motor tanpa mesin yang paling sesuai.

3.5 Skema Rancana Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini, untuk mendesign bentang dilakukan skema rencana penelitian sebagai berikut ini.



Gambar 1. Skema rencana penelitian

3.5.1 Pengumpulan Data Kebutuhan Air

Dalam bagian ini dilakukan pengumpulan data kebutuhan air bagi kepentingan manusia, yaitu untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri, dan lain-lain. Sehingga dalam bagian ini perlu dilakukan penelitian atau penyelidikan masalah kekurangan air di sungai dan kebutuhan air di kemudianya. Agar pemanfaatan dapat digunakan secara efektif dan efisien.

3.5.2 Pengumpulan Data Hidrologi

Dalam bagian ini dilakukan pengumpulan data hidrologi seperti data curah hujan dan data debit sungai. Data hidrologi diperlukan untuk menentukan dimensi bendung yang akan dirancang.

3.5.3 Perhitungan Hujan Rancangan

Setelah mendapatkan data curah hujan dapat dilakukan perhitungan hujan rancangan yang memperhitungkan besarnya curah hujan dengan periode ulang tertentu. Perhitungan ini diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rancangan. Hujan rancangan harus dibedakan pengertiannya dengan hujan tertinggi. Hujan tertinggi akan terjadi kapan saja dan tidak akan ada hujan yang lebih besar dari hujan tertinggi. Hujan rancangan tidakkan sebesar hujan absolute maksimum, dan akan terjadi pada jangka waktu tertentu.

3.5.4 Perhitungan Debit Rancangan

Dari hasil pengumpulan data debit sungai dan perhitungan hujan rancangan maka pada bagian ini dilakukan perhitungan debit rancangan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui debit periode ulang tertentu yang diperkirakan akan melalui sungai atau bangunan air.

3.5.5 Perencanaan Tulang Bondung

Dari hasil perhitungan hajon rencangan dan deret rencangan maka pada bagian ini dilakukan perencanaan tulang bondung dengan dimensi yang sesuai. Dimensi tulang bondung harus direncang sesuai dengan kebutuhan, agar air dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien.

3.5.6 Perencanaan Bangunan Lengkap

Dalam bagian ini dilakukan perencanaan bangunan pelengkap bendung, seperti kolam olak, pintu pengambilan, dan pintu penguras. Bangunan pelengkap merupakan bangunan-bangunan yang menunjang kerja dari sebuah gedung.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Data

4.1.1 Analisis Curah Hujan

Untuk menetapkan ukuran-ukuran bangunan di sungai perlu dilakukan penelaahan debit sungai yang mengalir atau dalam jangka waktu tertentu, dimana keadaan air di sungai dipengaruhi oleh antara lain :

Banyaknya frekuensi hujan.

Luas bentuk dan kecilnya daerah pengaliran

Kemiringan lahan, kehilangan air, dan pertambahan pengaliranya.

Menyangkut kemungkinan akan terjadinya banjir pada periode tertentu, perlu diketahui faktor kemungkinan/peluang kejadian sekali/ulang tertentu. Untuk itu perlu dibuat suatu design flood atau banjir rencana pada periode tertentu.

Banjir rencana adalah banjir yang diharapkan akan terjadi dalam jangka waktu tertentu, artinya pada jangka waktu tersebut banjir akan berulang kembali misalnya : 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun.

Oleh karena data menyangkut aliran aliran air di sungai. Bentuk sungai tertentu/tidak ovisa, maka untuk merencanakan banjir dalam periode tertentu pakai pengandaian untuk menggantikan cara aliran sungai.

4.2 Perhitungan curah hujan

4.2.1 Metode Gumbel

Tabel 1 Perhitungan curah hujan dengan Metoda Gumbel

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]
4	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9	[illegible]	[illegible]	[illegible]
10	[illegible]	[illegible]	[illegible]
11	[illegible]	[illegible]	[illegible]
12	[illegible]	[illegible]	[illegible]
n=12	[illegible]	$\sum X = 2123$	$\sum X^2 = 489121$

$\sum X = 2123$

$\sum X^2 = 489121$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{2123}{12} = 176.92\text{mm}$$

- Dari tabel lampiran 1 n = 12 diperoleh Yn = 0.5035
- Dari tabel lampiran 2 n = 12 diperoleh Sn = 0.9833
- Dari tabel lampiran 3 T = 50 diperoleh Yt = 3.9019

  T = 100 diperoleh Yt = 4.6001

$$Sx = \frac{\sqrt{\sum X^2 - (\sum X)^2}}{n-1} = \frac{\sqrt{489121 - (176.92 \cdot 2123)}}{12-1}$$

= 101.087mm

$$k = \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n} = \frac{[illegible]}{[illegible]} = [illegible]$$

$$k = \frac{Y_T - \bar{Y}_n}{S_n} = \frac{[illegible]}{[illegible]} = [illegible]$$

Maka: $X = \bar{X} + k \cdot Sd$

R50 = 176.02 + 2.466. 101.087 = 426.065 m

R100 = 176.02 + 4.166. 101.087 = 606.131 m

Tabel 2. Perhitungan curah hujan dengan Metode Gumbel

n	Tahun	X	X^2
1	[illegible]	95	[illegible]
2	[illegible]	102	[illegible]
3	[illegible]	113	[illegible]
4	[illegible]	115	[illegible]
5	[illegible]	125	[illegible]
6	[illegible]	77	[illegible]
7	[illegible]	116	[illegible]
8	[illegible]	71	[illegible]
9	[illegible]	101	[illegible]
10	[illegible]	90	[illegible]
11	[illegible]	93	[illegible]
n=11	[illegible]	$\sum X = 1101$	$\sum X^2 = 112307$

X = 1101 mm

$\sum X^2$ = 112307 mm

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1101}{11} = 100.1\,mm$$

- Dari tabel tampilan 1 n = 11 diperoleh Yn = 0.4996

- Dari tabel lampiran 2 n = 11 diperoleh Sn = 0,9497
- Dari tabel lampiran 3 n = 50 diperoleh Yt = 3,9019

T = 100 diperoleh Yt = 4,6001

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum X^2 - (\sum X)^2}}{n-1} = \sqrt{\frac{11.3307 - (193.09)^2}{11-1}}$$

$$= 17,625 mm$$

$$K_{T} = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} = \frac{3,1 - 0,4996}{0,9497} = 3,089 mm$$

$$K_{100} = \frac{Y_{100} - Y_n}{S_n} = \frac{4,6001 - 0,4996}{0,9497} = 4,229 mm$$

Maka: $X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_x$

R50 = 193,09 + 3,089 . 17,625 = 161,968 mm

R100 = 193,09 + 4,229 . 17,625 = 174,643 mm

Tabel 3. Perhitungan curah hujan dengan Methode Gumbel

n	Tahun	X	X^2
1	1981	88	7744
2	1984	75	5625
3	1985	149	22201
4	1986	172	29584
5	1987	225	50625
6	1988	248	61504
7	1989	252	63504
8	1990	324	104976
9	1991	357	127449
10	1992	342	116964
n = 10	Jumlah	$\sum X$ = 1903	$\sum X^2$ = 418337

X = 1903 mm

$\sum X^2$ = 418361 mm

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1903}{10} = 193,30 mm$$

- Dari tabel lampiran 1 n = 10 diperoleh Yn = 0.4952
- Dari tabel lampiran 2 n = 10 diperoleh Sn = 0.9496
- Dari tabel lampiran 3 n = 50 diperoleh Yt = 3.9019

T = 100 diperoleh Yt = 4.6001

$$\sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{668261 - (192.30)^2}{10-1}}$$

Sx =

= 104.599mm

$$X_{50} = \bar{X} + \frac{(Y_{50} - Y_n)}{S_n} \times S_x = 192.30 + \frac{(3.9019 - 0.4952)}{0.9496} \times 104.599mm$$

$$X_{100} = \bar{X} + \frac{(Y_{100} - Y_n)}{S_n} \times S_x = 192.30 + \frac{(4.6001 - 0.4952)}{0.9496} \times 104.599mm$$

Maka: Xt = X̄ + K . Sx

R50 = 192.30 + 3.588 . 104.599 = 567.601 mm

R100 = 192.30 + 4.223 . 104.599 = 544.431 mm

4.3.2 Metode Haspers

M_r = 471 mm ———— dari tabel 1

M_t = 217 mm ———— dari tabel 1

M = 176.98 mm

n = 12 Tahun ———— dari tabel 1

Tabel 4. Perhitungan harga T dan Un

Rerata	n	$T = \frac{n+1}{n}$	Tinggi Curah Un
471	1	0	1.00
217	2	0.5	0.86

$$Ta = \frac{1}{2}\left[\frac{(M_t-M)}{U_t} + \frac{(M_L-M)}{U_L}\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{(171-170.92)}{2.7} + \frac{(121-170.92)}{2.43}\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{170.92}{2.7} + \frac{170.92}{2.43}\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[(98.011 + 46.601)\right]$$

$$= 72.709 \text{ mm}$$

Untuk periode ———————— 50 tahun ———————— Ut = 2.70

Untuk periode ———————— 100 tahun ———————— Ut = 2.43

Maka

R1 = M + Sn. Ut

R50 = 170.92 + 121.329. 2.70 = 510.075 mm

R100 = 170.92 + 121.329. 2.43 = 503.679 mm

M_t = 125 mm ———————— dari tabel 2

M_L = 123 mm ———————— dari tabel 3

M = 170.89 mm

n = 11 tahun ———————— dari tabel 2

Tabel 5. Perhitungan harga T dan Un

Rainfall	n	$T = \frac{n+1}{m}$	Standar Variabel Un
125	1	12	1.43
123	2	6	0.01

$$S_d = \frac{1}{2}\left(\frac{(M_1 - M)}{U_1} + \frac{(M_2 - M)}{U_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{(215 - 100.09)}{1.43} + \frac{(131 - 100.09)}{0.43}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(27.403 + 28.284\right)$$

$$= 27.843 \text{ mm}$$

Untuk periode ———— 50 tahun ———— Ut = 2.75

Untuk periode ———— 100 tahun ———— Ut = 3.43

Maka:

R1 = M + Sd. Ut

R50 = 100.09 + 27.843. 2.75 = 182.533 mm

R100 = 100.094+ 27.843. 3.43 = 195.472 mm

M_1 = 440 mm ———— dari tabel 3

M_2 = 240 mm ———— dari tabel 3

M = 182.33 mm

n= 10 tahun ———— dari tabel 3

Tabel 3 Perhitungan harga T dan Ut

Hari ke	n	$T = \frac{n+1}{n}$	Standar Variabel (Ut)
440	1	11	1.43
240	2	5.5	0.73

Juga T dan Tk

$$Sk = \frac{1}{2}\left(\frac{(M_1-M_2)}{U_1} + \frac{(M_2-M_3)}{U_2}\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{(148 - 192.30)}{1.31} + \frac{(249 - 192.30)}{1.31}\right)$$

$$= \frac{1}{2}(-33.481 + 77.671)$$

$$= 22.070 \text{ mm}$$

Untuk periode ———— 50 tahun ———— Ut = 2.75

Untuk periode ———— 100 tahun ———— Ut = 3.43

Maka

$$R_t = M + Sk \cdot U_t$$

$$R50 = 192.30 + 22.070 \cdot 2.75 = 251.364 \text{ mm}$$

$$R100 = 192.30 + 22.070 \cdot 3.43 = 268.865 \text{ mm}$$

4.2.3 Metode E...P. Dr. Weduwen

Lama pengamatan 12 th dengan V_t = 125 mm

P = 12 th ———— mp = 0.735

Untuk n = 50 th ———— Mn = 0.948

Untuk n = 100 th ———— Mn = 1.080

Maka

$$R50 = Mn \cdot \frac{R24}{mp} = 0.948 \cdot \frac{125}{0.735} = 161.243 \text{ mm}$$

$$R100 = Mn \cdot \frac{R24}{mp} = 1.01 \cdot \frac{125}{0.735} = 171.843 \text{ mm}$$

Lama pengendaian 11 th dengan M_u = 125 mm

P = 12 th ———————————— mp = 0.735

Untuk n = 50 th ———————————— Mn = 0.948

Untuk n = 100 th ———————————— Mn = 1.080

Maka

$$R10 = Mu \cdot \frac{RM_u}{mp} = 0.948 \cdot \frac{127}{0.735} = 163.583 \text{ mm}$$

$$R100 = Mu \cdot \frac{RM_u}{mp} = 1.01 \cdot \frac{127}{0.735} = 174.370 \text{ mm}$$

Lama pengendaian 10 th dengan M_u = 440 mm

P = 12 th ———————————— mp = 0.735

Untuk n = 50 th ———————————— Mn = 0.948

Untuk n = 100 th ———————————— Mn = 1.080

Maka

$$R50 = Mu \cdot \frac{RM_u}{mp} = 0.948 \cdot \frac{440}{0.735} = 440 \text{ mm}$$

$$R100 = Mu \cdot \frac{RM_u}{mp} = 1.01 \cdot \frac{440}{0.735} = 467.346 \text{ mm}$$

4.3 Perhitungan Curah Hujan Rata - Rata

4.3.1 Cara Arithmetic Mean

$$R_{rata} = \frac{R1 + R2 + R3}{}$$

$$R_{kl} = \frac{528 + 181.950 + 567.601}{3}$$

$$= 419.184 \text{ mm}$$

$$R_{mn} = \frac{680.131 + 174.542 + 644.481}{3}$$

$$= 472.386 \text{ mm}$$

$$R_{mn} = \frac{R1 + R2 + R3}{3}$$

$$R_{kl} = \frac{510.675 + 162.533 + 51.384}{3}$$

$$= 608.287 \text{mm}$$

$$R_{mn} = \frac{592.078 + 176.472 + 336.865}{3}$$

$$= 336.865 \text{ mm}$$

$$R_{mn} = \frac{R1 + R2 + R3}{3}$$

$$R_{kl} = \frac{606.669 + 168.055 + 440}{3}$$

$$= 364.251 \text{mm}$$

$$R_{mn} = \frac{571.643 + 188.170 + 487.341}{3}$$

$$= 446.485 \text{ mm}$$

Hasil rata-rata dari ketiga stasiun dengan tiga metode perhitungan curah hujan masing-masing

Tabel 7 Rata-rata metode perhitungan curah hujan

Data	[illegible]	[illegible]
Kaubu	[illegible]	[illegible]
Hagner	[illegible]	[illegible]
Thiessen	[illegible]	[illegible]

Curah hujan rata-rata yang kami ambil untuk perencanaan Bendung adalah curah hujan terbesar kedua dari ke -5 cara (R = 473.885 mm.

4.4 Analisa Debit Banjir

Berdasarkan peta daerah aliran sungai diketahui luas wadhah area (F) = 81.31 km2 dan Panjang sungai 20.50 km, dan kemiringan sungai I = 0.032 dengan rumus

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot F$$

$$t = \frac{0.476 \cdot F^{0.25}}{(I)(q)^{0.25}} = \quad T \text{ jam}$$

$$t = \frac{0.47 \cdot (81.31)^{0.25}}{(0.1)^{0.25} \cdot 2^{0.25}} = \quad T \text{ jam}$$

$$\beta = \frac{120 \cdot \frac{t+1}{t+9} \cdot F}{120 + F}$$

$$\beta = \frac{121 \cdot \frac{T+1}{T+9} \cdot 81.31}{121 + 81.31}$$

$$q = \frac{67.83}{T + 1.45} = \quad 8.81$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{q + T}$$

$$= 1 - \quad 4.4$$

$$\frac{0.01 + T}{}$$

$$= \frac{0.73}{0.86 \times 0.73 \times 8}$$

$$Q = \frac{0.01 \times 61.21}{}$$

$$= 380 \ m^3/dt$$

Jadi debit banjir rencana untuk perencanaan bendung adalah 380 m³/dt

4.6 Rancangan Hasil Penelitian

4.6.1 Tinggi muka air maximum hilir bendung

Untuk menentukan debit banjir rencana, didasari atas kemiringan dasar rata-rata sungai serta profil melintang sungai.

- Profil memanjang sungai dapat dicari dengan kemiringan rata-rata $i = \Delta H/L$
- Profil melintang sungai dapat dicari untuk mengetahui muka air (h) dalam meter pada rencana (Q), dalam hal ini dicari penampang basah (F) serta keliling basah (O) dan pada (i)
- Untuk menghitung kecepatan aliran digunakan rumus manning :

  $V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$

  Dimana : V = kecepatan aliran (m/dt)

  R = Jari – jari hidrolis (m)

  I = kemiringan dasar sungai

  n = koefisien kekasaran manning, 0.035
- Perhitungan jari-jari hidrolis (R)

  R = F/O, dimana : F = Panjang basah (m²)

  O = keliling basah (m)

  Kemiringan dasar sungai rata-rata (i)

$$i_{1-2} = \frac{532.89 - 529.81}{77} = 0.062$$

$$i_{2-3} = \frac{529.81 - 529.81}{72.5} = 0.000$$

$$i_{3-4} = \frac{529.81 - 526.71}{114.4} = 0.027$$

Gambar 2. Rencana Bendung

$$I_{1-2} = \frac{526.71 - 523.10}{42} = 0.084$$

$$I_{2-3} = \frac{523.10 - 520.60}{53} = 0.047$$

$$I_{3-4} = \frac{520.60 - 513.51}{74.2} = 0.094$$

$$I_{4-5} = \frac{513.51 - 513.00}{32} = 0.0159$$

$$I_{5-6} = \frac{513.00 - 508.7}{60} = 0.072$$

$$I_{6-7} = \frac{508.7 - 508.5}{32} = 0.0063$$

$$\Delta H = 0.0437$$

Kemiringan rata – rata dasar sungai :

$I = \Delta H / n = 0.0437 / 9 = 0.0049$

Perhitungan tinggi muka air dikungan

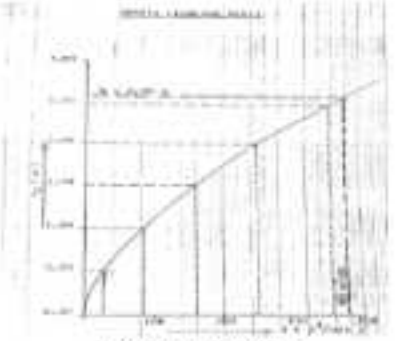
A. Sebelum dibendung

Perhitungan debit sungai sebagai berikut:

Tabel 8 Debit sungai

h m	A m2	Q m	D=h/D m	$C=\frac{1}{n}R^{\frac{1}{6}}$ m/dt	Q=A.V m³/dt
0	-	-	-	-	-
0.5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1.5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2.5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Dari hasil perhitungan dapat dibuat hubungan antara h dan Q (lengkung debit).



Gambar 3 Grafik Lengkung Debit

dengan debit rencana 380 m³/dt diperoleh kedalaman lengkung debit diperoleh h_n = 2.80 m.

b. Setelah dibendung

Tinggi bendung p = 528.7 – 525 = 1.7m, sebelum menghitung tinggi muka air saya akan diumpak mercu muka lebih dari atau sama dengan nol pengaliran, apakah aliran sempurna atau tidak sempurna.

$$H_d = \sqrt{\frac{Q}{C\,B\,g}} \quad \text{atau} \quad H_d = \frac{Q}{L_e}$$

$$= \frac{280}{18.2}$$

$$= 20.88\ M^3/dtk$$

$$H_d = \sqrt{\frac{20.88}{1.7 \times 9.81}} = 0.87m$$

Rumus:

Karena P < dc ——— muka aliran tidak sempurna

4.2 Menghitung Lebar Bendung

Lebar bendung adalah jarak bagian dalam antara tembok pangkal bendung kiri dan kanan.

Lebar bendung dapat dicari:

$B_1 = 1.5 \cdot B_n$

dimana: B_1 = lebar bendung (m)

B_n = lebar normal sungai (m)

Memperhatikan peta situasi sungai dan lain-lain maka lebar bendung dapat diambil.

B = 8/5 . 20 = 24 m

4.7 Perencanaan Pengurus

Pintu pengambilan (intake) berada disebelah kiri dan kanan bendung, maka pintu pengurus dapat dimpatakan dekat pintu pengambilan tersebut.

Lebar pintu pengurus (bruto) dapat dihitung sebagai berikut:

b_p = 1/10. B

di mana B = lebar bendung (m)

bb = lebar pintu pengurus (m)

sehingga b_p = 1/10. 24 = 2 m

Jadi lebar pintu pengurus sebesar ini diambil 2,4 m.

4.8 Lebar Efektif Bendung

Lebar bendung adalah lebar bendung yang bermanfaat untuk melewatkan debit, dapat dihitung sebagai berikut:

$B_e = B_1 + 0.8b_p - 2(n.Kp+Ka)he$

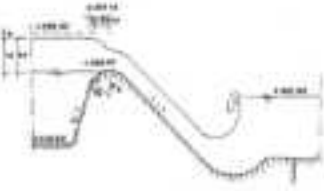
$= 20 + 0.8. 2.4 - 2(1.0+0.1)he$

$= 21.92 - 0.2he$

4.9 Bentuk Mercu Bendung

Bila dilihat dari hasil sampel lekukan bendung sesuai dengan fotografinya. Dengan melihat keadaan tersebut, maka tentau cari ruang olakan akan mengakami kerusakan akibat bertaran. Agar tidak terjadi kerusakan-kerusakan akibat benturan pada ruang olakan dalam hal ini dipilih bentuk cari type ap tam bucket. Type bendung ini banyak

digunakan di Indonesia dan dari beberapa konstruksi yang lain diusahakan menunjukkan hasil yang cukup baik.



Gambar 4 Type Up Turn Bucket

Dalam menentukan bentuk mercu bendung ini kami gunakan aturan type W.E.S. dengan bagian atas dibuat setengah 3:1 mata W.E.S.

R1 = 0.21 hd

R2 = 0.68 hd

Dari perhitungan tinggi tanggul rencana diatas mercu yang tidak direkomendasikan untuk Q = 583 m³/dt didapat hd dicoba-coba = 1.5m sehingga

R1 = 0.21 hd = 0.21. 1.5 = 0.315m

R2 = 0.68 hd = 0.68. 1.5 = 1.02m

Dibulatkan menjadi 1.00m

0.139hd = 0.139. 1.5 = 0.21m

0.237hd = 0.237. 1.5 = 0.36m

Dalam penggunaan perhitungan Type W.E.S

$X^n = K.\ hd^{n-1}.\ Y$

Dimana, harga k,n telah ditentukan berdasarkan kemiringan disisi yaitu = 1:1 maka

k = 0.838

n = 1.836

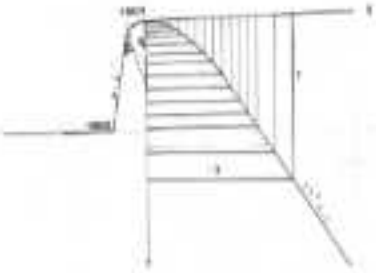
hd = 1.589

sehingga didapat perhitungan mercu bendung sebagai berikut:

$X^{1.836} = 0.838 \cdot 1.5^{1.836} \cdot Y$

$X^{1.836} = 1.17\,Y$ atau $Y = X^{1.836} / 1.17$

Dari persamaan bentuk mercu itu, kita dapat menentukan bentuk tubuh bendung yang direncanakan, yaitu menyesuaikan bentuk mercu itu dengan garis mempunyai kemiringan 1:1 harga x dan y yang diperoleh dari persamaan diatas adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Bentuk Mercu bendung

5. Menentukan elevasi muka air banjir di sisi bendung

Dengan menghitung tinggi air diatas mercu dipergunakan dengan rumus sebagai berikut:

$Q = C \cdot b \cdot he^{3/2}$

Dimana: Q = debit aliran yang melimpah diatas mercu (m³/dt)

C = koefisien limpasan

b = lebar efektif bendung (m)

he = Tinggi tekanan diatas mercu termasuk tinggi kecepatan mendekati mercu (m)

Untuk mendapatkan koefisien pengaliran (C) dipergunakan grafik.

Dengan cara coba-coba dengan hd = 1.3m

- Kecepatan aliran mendekati mercu

$$Va = \frac{Q}{B\,(P+hd)} = \frac{300}{20\,(1.7+1.3)} = 5.94 \text{ m/dt}$$

- Tinggi tekanan kecepatan

$$ha = \frac{Va^2}{2g} = \frac{(5.94)^2}{19.6} = 1.8 \text{ m}$$

- Tinggi tekanan total

$$ho = ha + hd$$
$$1.8 + 1.3 =$$
$$= 3.2 \text{ m}$$

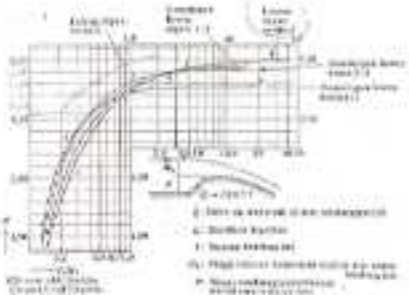
- Lebar efektif bendung

B_e = 21.92 – 0.2 he

= 21.92 – 0.2. 2.3 = 21.86m

- Koefisien pengaliran (c)

$$\frac{g}{he} = \frac{1.7}{2.3} = 0.92$$



Gambar Grafik 4.13

Gambar 4 Grafik V3

Jadi Q = C. b. he $^{1.5}$

= 2.11. 21.86. 2.3 $^{1.5}$

= 208.52 m³/dt

Mendekati banjir rencana Q = 203 m³/dt

Jadi tinggi banjir diatas mercu adalah:

(+526.7 + 1.5) = 528.2m

E. Perencanaan Kolam Olakan

Aliran air sungai yang melewati bendung dimana dengan nilai bendung mempunyai kecepatan tinggi, jika hal ini dibiarkan dapat menimbulkan penggerusan dengan nilai bendung, untuk mengatasi terjadinya kejadian kolam olakan, maka dalam perencanaan tinggi elevasi lantai olakan akan menentukan tinggi rendahnya jump kolam terhadap air alam dari Jump Kolam tersebut.

- **Penentuan tinggi elevasi lantai olakan**

Untuk mengetahui elevasi lantai olakan, digunakan data tinggi Jump Kolam (d), dan dalam direncana, tinggi Jump Kolam dapat dihitung dari bilangan Froude (Fr).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gd}}$$

Dimana: V = kecepatan aliran terbatas (m/d)

d = kedalaman air awal olakan (m)

g = percepatan gravitasi = 9.8 (m/d²)

Pari tangga Jump Kolam dapat dicari dengan langkah sebagai berikut

$$q = \frac{Q}{B_{eff}} = \frac{380}{21.28} = 17.87 \text{ m}^3/\text{d/m}$$

Dengan persamaan:

$$d1 = 1.1 \frac{V^2 1}{2g} = \frac{q^2}{321.59} = 0.22\text{m}$$

Maka dicoba d1 = 1m

$$V1 = \frac{Q}{d1} = \frac{17.87}{1} = 17.87 \text{ m/d}$$

Jadi

$$1 + 1.1 \frac{17.87}{19.6} = \frac{6.216}{m} \text{ ——— } 6.22\ m$$

Froude (Fr),

$$Fr = \frac{V1}{\sqrt{gD1}} = \frac{17.87}{\sqrt{9.8 \cdot 1}} = 5.71$$

Dari persamaan:

$$\frac{d2}{d1} = \frac{1}{2}\sqrt{1+8\,Fr^2} - 1$$

Maka d2 dihitung sebagai berikut:

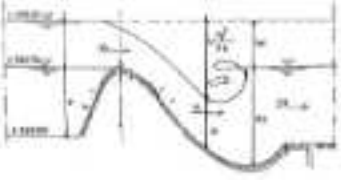
$$d_2 = 0.5\sqrt{(1+8Fr^2)} - 1)$$

$$= 1/2\ \sqrt{(1+8Fr^2)} - 1)$$

$$= 2.66m + (1.324.68 - 321.98) = 2.70$$

Dengan d_2 diketahui, maka kecepatan aliran nya dapat dihitung sebagai berikut:

$$V2 = \frac{Q}{d2} = \frac{17.87}{2.66} = 6.67\ m/dt$$



Gambar 7 Bentuk Mercu

- **Perhitungan Jet-jet bucket**

Dari perhitungan data untuk debit Q = 360 m³/dt, Diperoleh angka Froude sumber (F) = 5.71 m, maka diperoleh harga radius bucket yang minimum

$$\frac{R}{d1 + \frac{VF}{2g}} = 0.6$$

Bagian penentuan jet-jet

Elevasi = +528.2 – 521.98

= 6.22 m

R = 0.6 (1 + 11.04 / 19.6)

R = 3 m

$v = \sqrt{(2gz)}$

$= \sqrt{(2 \cdot 9.81 \cdot 6.22)}$

$= \sqrt{(121.913)}$

= 11.04 m/dt

Diameter jet-jet bucket (R) adalah 6.00 m

- **Perhitungan Elevasi Lantai Olakan**

$$\frac{q}{d2 + \frac{V^2}{2g}} = \frac{67}{1.00 + \frac{11.04^2}{2 \cdot 9.81}} = 5.75$$

Untuk : F = 5.71 dan $\frac{T_{ak}}{d2} = 1.3$ maka $\frac{T_{ak}}{d2} = 7$

$T_{ak} = 7 \times 1.00 = 7$ m

Untuk $\frac{q}{d2 + \frac{V^2}{2g}} = 5.75$ maka $\frac{T_{ak}}{d2} = 8$

dan

F = 5.71

$T_{ak} = 8 \times 1.00 = 8$

$T_{ak} = 524.68 - 521.98 = 2.7$ m

$T_{ak2} = T - T_{ak1} = 2.7$ m

T_{min} = 2,7 m < T_{min} = 5 m

Berdasarkan perhitungan tersebut maka dasar bendung diturunkan pada elevasi +521,98

7. Perhitungan profil pengempangan

Yang dimaksud curve adalah untuk mengetahui sampai dimana pengaruh kenaikan muka air setelah adanya pengempangan bendung yang melintang pada sungai sehingga muka air naik, kenaikan dimana akan berpengaruh ke alinyemen Back Water Curve.

Gambar 7.16. Back Water Curve

Gambar 8 Back Water Curve

Untuk mengetahui sejauh dimana pengaruh ini, akan digunakan rumus praktis :

$$L = \frac{2 \cdot h}{i}$$

Dimana :

L = Panjang pengaruh pengempangan

i = Kemiringan sungai

h = Beda tinggi muka air

Jadi :

$$L = \frac{2\,(\,[illegible] - [illegible]\,)}{[illegible]}$$

$$= 170 \text{ m}$$

Dengan cerucut maka penanggulangan cerucut untuk bending perlu dialiri dan pengempangan sepanjang 160 meter dari pintu bendung.

B. Panjang lantai depan dan gradien hidrolis.

- **Panjang lantai depan.**

Panjang lantai muka tergantung dari jenis tanah pondasi bendung dan perbedaan tinggi tekanan air di hilir dan hilir bendung.

Panjang lantai ini cukup dihitung dengan beberapa cara antara lain :

Methode Bligh

Rumus yang digunakan metode ini sebagai berikut :

$$L_c = H \cdot C_c$$

Dimana :

Lc = Panjang creep line minimum yang diperlukan (m).

H = Perbedaan tinggi tekanan diudik dan dihilir bendung (m).

C_c = Creep ratio, dalam hal ini untuk batuan serpih dengan lantai campur pasir C_c = 6

Perbedaan tinggi tekanan diudik dan dihilir bendung ditinjau dalam dua keadaan yaitu pada waktu air banjir dan air normal, diambil harga yang terbesar

H normal = (+ 525.70) – (+ 521.98) = 4.72 m

H banjir = (+ 525.20) – (+ 524.68) = 2.52 m

Panjang creep line yang ada :

Lc ada = 19.86 m.

Panjang creep line yang diperlukan :

Lc . perlu = H . C_c

Lc . perlu = 4.72 . 9 = 42.48 > Lc . ada

Panjang lantai muka diperlukan :

Lc muka = Lc perlu – Lc ada

= 42.48 – 19.86 = 22.62 m.

Jadi tentat maka diberi dinding vertical sedalam (1,50) meter dan lebar (0,03) meter dengan jarak satu sama lain 3,00 meter, maka banyaknya dinding vertical.

Dinding vertical = $\frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]}}$

= 2,2 m ———— 4m

Banyaknya dinding vertical diambil = 4 buah.

Panjang antar depan = 4 (3,00 + 0,30)

= 14,12 m. ——— 14 m.

Bagian konstruksi aman : L = H . C

Dimana :

L = $L_1 + L_2$ panjang creep line

H = beda tinggian = 4,72 m

C = creep ratio = 5

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$L_1 = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 +$$

$$L_{10} + L_{11} + L_{12} + L_{13} + L_{14}$$

$$= \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} +$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]}$$

$$L_2 = L_1 + L_2$$

$$= \text{[illegible]} + \text{[illegible]} = \text{[illegible]}$$

$$= \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]}$$

Jadi konstruksi aman terhadap bahaya piping.

Metoda Lane

Professor Lane memberikan koreksi terhadap teori Bligh dengan menyatakan bahwa energi yang dibutuhkan oleh air untuk melewati jalan yang vertical lebih besar dari pada jalan yang horizontal dengan perbandingan 3 : 1.

Jadi dianggap bahwa LV = 3LH untuk suatu panjang yang sama sehingga rumus Bligh menjadi :

$L_c = L_v + 1/3 L_h = C_L \cdot H$

Dimana :

L_c = Panjang creep line minimum yang diperlukan (m)

L_v = Panjang creep line vertical (m)

L_h = Panjang creep line horizontal (m)

C_L = Creep ratio, dalam hal ini untuk lantai kasar dan tanpa sheet-sheet

C_L = 3,0

ΔH = perbedaan tinggi tekanan diudik dan dihilir bendung (m)

ΔH normal = (+ 526,70) – (+ 521,98) = 4,72 m

ΔH banjir = (+ 526,20) – (+ 524,68) = 1,52 m

L_h = 14,12 m

L_v = 12,50 m

Panjang creep line yang ada :

L_c ada = L_v + 1/3 L_h

= 12,50 + 1/3 . 14,12 = 14,92 m.

Panjang creep line yang diperlukan :

L_c perlu = H . C_L

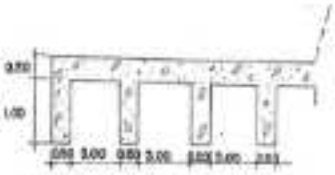
= 4,72 . 3,0 = 16,60 m.

Panjang lantai muka yang diperlukan adalah :

L_c muka = L_c perlu – L_c ada

= 16,60 – 14,92 = 2,08 m

Dari kedua cara tersebut diatas diambil Panjang lantai muka yang terbesar yang dipakai yaitu Lc muka dari metode Bligh = 22,62 m.



Gambar 9 Penjang Lantai Muka Berdoung

L. muka = 12,50 m

L. muka = 14,12 m

L. muka = 12,50 + 14,12

= 26,62 m > 23,12 m ——— (aman)

Kontrol menurut cara lain :

L. muka = 12,50 + 1/3 . 14,12

= 17,21 m = 2,09 m ——— (m)

- **Gradien Hidrolis**

Apabila garis-garis yang menyatakan perbedaan tekanan seperti pada tiap Bilang dikarbung satu garis lain, maka terbentuk sebuah garis yang disebut sebagai gradien hidrolis. Garis gradien hidrolis ini digunakan kontrol untuk dengan titik ujung belakang berdoung sebagai titik pemulaan dengan tekanan sebesar nol.

Miring garis gradien hidrolis ini dihasilkan dengan kemiringan yang dibatasi untuk suatu tanah dasar tertentu yaitu dengan menggunakan creep ratio (CR).

Rumus yang digunakan

$$H = \frac{L}{C_w}$$

$$ig = \frac{H}{L_w} = \frac{\quad}{\quad}$$

Dimana :

Lw = panjang creep line (m)

H = beda tekanan (m)

ig = miring garis gradien hidrolis

C_w = creep ratio dari Bligh (dalam hal ini C_w = 9)

Dengan rumus tersebut diatas perhitungan beda tekanan (ΔH) dapat dilihat pada tabel

V-02 ...)

Tabel 5 Gradien Hidrolis

Rumus : Hb-h = Lw-h / 9			
Segmen	Beda Tekanan (H)	Segmen	Beda Tekanan (H)
1-2	2,775 / 9 = 0,308	17-18	3,03 / 9 = 0,337
2-3	0,85 / 9 = 0,094	18-19	1,50 / 9 = 0,167
3-4	0,025 / 9 = 0,025	19-20	0,50 / 9 = 0,056
4-5	2,825 / 9 = 0,314	20-21	1,50 / 9 = 0,167
5-6	2,85 / 9 = 0,317	21-22	3,03 / 9 = 0,337
6-7	1,1 / 9 = 0,122	22-23	1,50 / 9 = 0,167
7-8	1 / 9 = 0,111	23-24	0,50 / 9 = 0,056
8-9	1 / 9 = 0,111	24-25	1,50 / 9 = 0,167
9-10	1 / 9 = 0,111	25-26	3,03 / 9 = 0,337
10-11	1,10 / 9 = 0,122	26-27	1,50 / 9 = 0,167
11-12	1,25 / 9 = 0,139	27-28	0,50 / 9 = 0,056
12-13	0,40 / 9 = 0,044	28-29	1,50 / 9 = 0,167
13-14	1,50 / 9 = 0,167	29-30	3,03 / 9 = 0,337
14-15	0,20 / 9 = 0,022	30-31	1,50 / 9 = 0,167
15-16	0,80 / 9 = 0,089	31-32	0,50 / 9 = 0,056
16-17	1,00 / 9 = 0,111	32-33	2,00 / 9 = 0,222

8. Konstruksi tebal lantai ruang olahan

Lantai belakang menerima tekanan yang besar, terutama pada saat air setinggi mercu. Dimana lokasi olahan kosong. Untuk menentukan tebal lantai ruang olahan dapat digunakan metoda gradien. Tekanan kotoran = Tekanan kotor.

t = Bj x a x t + 0,3 + $\frac{L}{C}$ Bj = berat jenis pasangan bedung.

Bendung terdiri dari pasangan batu tambak dengan berat jenis : 2,20 ton/m3 c = 9

Dimana – dasar t = 1,50 m

L = V1-2 + H2-3 + H3-4 + H4-5 + H5-6 + V6-7

= 2,75 + 0,85 + 0,25 + 2,00 + 2,05 + 1,10

= 10,02 m

Jadi untuk Bj t A :

t = 2,20 x 1,50 + 0,30 + $\frac{10,02}{9}$

2,20 t = 3,18

t = 3,18/2,20

= 1,45 m ..... 1,45 m < 1,50 m

Jadi tebal lantai ruang olahan diambil t = 1,50 m

10 **Perhitungan stabilitas tubuh bendung**

Stabilitas tubuh bendung dikontrol terhadap guling geser dan tegangan yang timbul pada tanah pondasi. Adapun gaya – gaya yang bekerja pada bendung akan meliputi lima macam gaya yaitu :

1. Gaya berat sendiri konstruksi
2. Gaya gempa bumi
3. Gaya tekanan sedimentasi
4. Gaya hidrostatis
5. Gaya uplift pressure

Anggapan – anggapan dan syarat – syarat dalam perhitungan stabilitas bendung

Gambar 18 Potongan Memanjang Tubuh Bendung

Anggapan dalam stabilitas :

a) Dalam penilaian stabilitas bendung yang perlu ditinjau adalah potongan – potongan tertentu yaitu potongan I – I dan II – II
b) Untuk meninjau stabilitas bendung terhadap guling ditinjau terhadap titik A.
c) Lantai muka akan terisi oleh sampur, jadi dalam penilaian stabilitas, sampur dianggap setinggi mercu.
d) Stabilitas ditinjau dalam dua keadaan yaitu :
   1. Keadaan muka air normal
   2. Keadaan muka air banjir

e) Untuk selanjutnya garis AB disebut sebagai sumbu Y.

Syarat - syarat dalam stabilitas :

a) Konstruksi yang terjadi dari pasangan batu tidak boleh terjadi tegangan tarik. Ini berarti bahwa resultan gaya- gaya yang bekerja harus masuk di dalam daerah kern.

Gambar 11 gaya-gaya yang bekerja terhadap **stabilitas bendung.**

b) Momen tahanan (Mt) harus lebih besar dari pada momen guling (Mg). Faktor keamanan (SF) untuk ini diambil = 1,50

$$SF = \frac{Mt}{Mg}$$

c) Konstruksi tidak boleh menggeser.

Faktor keamanan diambil = 1,50

$$SF = \frac{f \cdot \Sigma V}{\Sigma P}$$

Dimana, f = koefisien gesek antara konstruksi dan tanahnya.

d) Tegangan tanah yang timbul tidak boleh melebihi tegangan tanah yang diizinkan.

$\sigma g < \sigma g$

e) Setiap bagian pada seluruh konstruksi bendung ini tidak boleh terangkat oleh akibat adanya gaya keatas.

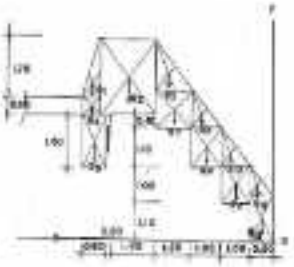
Dari menurut hasil penyelidikan geologi dari merencana tanah pondasi bidang bendung ini terletak pada lapisan pasir harus sampai dengan lempung, bentonit, batakal dan bongka.

- Gaya – gaya yang bekerja.

1. Akibat Berat Sendiri Konstruksi.

Gaya berat ini adalah berat dari konstruksi bangunan vertikal kebawah yang garis kerjanya melewati titik berat konstruksi.

Untuk menurunkan perhitungan tekanannya dibagi – bagi dalam bagian yang berbentuk segitiga dan segiempat. Karena penjajaranya adalah tiap lebar satu meter, maka gaya yang diperhitungkan adalah luas bidang kali berat jenis konstruksi (untuk pasangan batu bata maka tekanannya dianggap 2.200).



Gambar 13 Gaya-gaya yang bekerja pada bendung akibat konstruksi

G1	=	0,5	x	1,7	x	0,57	x	2200	=	1065,9	kg/m	
G2	=	0,5	x	2	x	2200			=	10120	kg/m	
G3	=	0,5	x	1,2	x	1,5	x	2200	=	1716	kg/m	
G4	=	0,57	x	0,4	x	2200			=	501,6	kg/m	
G5	=	1,6	x	0,6	x	2200			=	2816	kg/m	
G6	=	0,5	x	1,6	x	0,5	x	2200	=	352	kg/m	
G7	=	1,2	x	1,2	x	2200			=	3168	kg/m	
G8	=	0,5	x	1	x	0,9	x	2200	=	990	kg/m	
G9	=	1,2	x	1	x	2200			=	2640	kg/m	
G10	=	0,5	x	1	x	1	x	2200	=	1100	kg/m	
G11	=	1	x	1	x	2200			=	2200	kg/m	
G12	=	0,5	x	1,2	x	1	x	2200	=	1452	kg/m	
G13	=	1,5	x	1,2	x	2200			=	3960	kg/m	
								G	=	34331	kg/m	

2. Gaya akibat Gempa Bumi

Untuk daerah – daerah yang banyak gunung berapinya seperti Indonesia, maka gaya gempa harus diperhitungkan terhadap konstruksi.

Gaya gempa sebesar : K = f . G

Dimana :

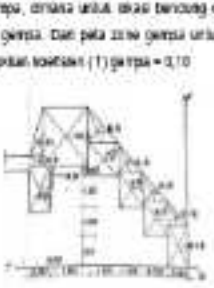
K = Gaya gempa arah horizontal

f = Koefisien gempa

G = Berat konstruksi

Gaya gempa ini bekerja horizontal searah yang berlainan yang digabung dengan garis kerja yang melewati titik konstruksi. Tentu ada komponen vertikal tetapi ini relatif tidak berbahaya jika dibandingkan dengan komponen horizontal.

Harga f tergantung dari letak tempat konstruksi yang sesuai dengan zone gempa, dimana untuk rekan bendung dikenal dengan berdasar dari peta zone gempa. Dari peta zone gempa untuk rekan bendung bondoe nilai/ordinat koefisien (f) gempa = 0,10



Gambar 13 gaya-gaya yang bekerja pada bendung akibat pengaruh gempa

K1	=	0,1	x	G1	=	0,1	x	1095,8	=	109,58	kg/m
K2	=	0,1	x	G2	=	0,1	x	1012,0	=	101,2	kg/m
K3	=	0,1	x	G3	=	0,1	x	1716	=	171,6	kg/m
K4	=	0,1	x	G4	=	0,1	x	501,6	=	50,16	kg/m
K5	=	0,1	x	G5	=	0,1	x	2616	=	261,6	kg/m
K6	=	0,1	x	G6	=	0,1	x	352	=	35,2	kg/m
K7	=	0,1	x	G7	=	0,1	x	3718	=	371,8	kg/m
K8	=	0,1	x	G8	=	0,1	x	990	=	99	kg/m
K9	=	0,1	x	G9	=	0,1	x	3200	=	320	kg/m
K10	=	0,1	x	G10	=	0,1	x	1100	=	110	kg/m
K11	=	0,1	x	G11	=	0,1	x	3900	=	390	kg/m
K12	=	0,1	x	G12	=	0,1	x	1452	=	145,2	kg/m
K13	=	0,1	x	G13	=	0,1	x	3600	=	360	kg/m
								K	=	3109,15	kg/m

3. Tekanan Sedimentasi

Pada bendung yang sudah mengalami eksploitasi beberapa tahun maka akan pasti terbentuk sedimentasi (lumpur) yang cukup banyak. Pada bendung dimana kecamatan dapat mencapai mercu bendung, sedang pada pintu pembilas akan mencapai tinggi ambang pintu sadap (intake), karena sampahnya dibilas.

Untuk kestabilan bendung, maka sedimentasi sampai mercu bendung digunakan untuk perhitungan stabilitas.

$$Sl = 1/2 \quad \gamma s \quad h^2 \quad \frac{(1-\sin\phi)}{1+\sin\phi}$$

Dimana :

γs = berat jenis sedimen (endapan) dan besarnya diambil 1,80

ϕ = sudut geser dalam dari sedimen.

Gambar 14 gaya-gaya yang bekerja pada bendung akibat tekanan lumpur

Untuk sudut dasar $\phi = 30^\circ$, maka

$$\frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - 0.5}{1 + 0.5} = \frac{1}{3}$$

$$P_a = \frac{1}{3} \times P_p = \frac{1}{3} \times [illegible] = [illegible] = [illegible] \text{ ton/m}$$

$$P_a = [illegible] = [illegible] = [illegible] \text{ ton/m}$$

4. Tekanan Hidrostatis

Gaya – gaya hidrostatis yang bekerja pada tubuh bendung dibagi pada dua keadaan yaitu :

- Pada saat pemakaian air normal.
- Pada saat pemakaian air banjir.

a) Gaya Hidrostatis yaitu air normal

Gambar 15 gaya-gaya yang bekerja akibat tekanan air

Rumus yang digunakan untuk menghitung gaya hidrostatis ini adalah sebagai berikut :

$$P_1 = \square \times \square \times h \times h$$
$$= \square \times \square \times \square \times \square = \square \ kg$$
$$P_2 = \square \times \square \times h \times h$$
$$= \square \times \square \times \square \times \square = \square \ kg$$

b) Gaya hidrostatis waktu air banjir.

Gambar 16 gaya-gaya yang bekerja tekanan air, pada keadaan air banjir.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

5. Gaya Akibat Up Lift Pressure.

a) Perhitungan up lift pressure pada titik – titik kritis.

Sebelum kita menghitung up lift pressure pada bidang kontak, terlebih dahulu kita tahas hitung besarnya up lift pressure pada titik kritis.

Secara umum besarnya up lift pressure pada titik x dapat dinyatakan :

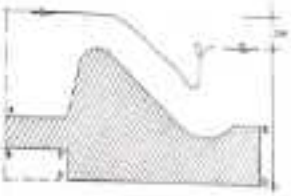
Ux = Up lift pressure di titik X

Hx = Tingginya titik X terhadap air di muka

Lx = Panjangnya creep line sampai ke titik x (ABCX)

L = Jumlah panjangnya creep line (ABCDE)

H = Beda tinggi

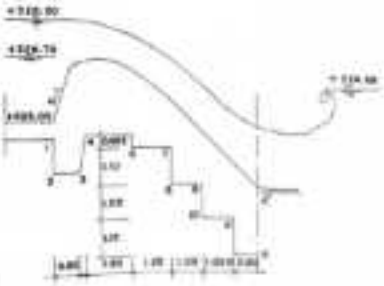


Gambar 17 Potongan melintang tubuh bendung

Dengan demikian besarnya tekanan tiap – tiap titik akan dapat dihitung.

Dilihat dari rumus diatas, maka hasilnya up lift pressure kemungkinan dapat bernilai positif atau negatif. Dalam hal ini tekanan negatif

kemungkinannya tidak akan terjadi oleh karena adanya lang – lang rata diantara lubir – lubir tanah, sehingga akan berhubungan dengan atmosfir. Jadi untuk tekanan negatif ini besarnya dianggap nol.



Gambar 18 Potongan memanjang tubuh bendung akibat gaya up lift pressure

- **Up Lift Pressure Waktu Air Normal**

  ΔH air normal = 926,73 – 921,96 = 4,72 m

  L = 47,881 m

$$U_1 = \left(17 - \frac{5}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1700 \text{ kgm}^2$$

$$U_2 = \left(3.7 - \frac{1}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1500 \text{ kgm}^2$$

$$U_3 = \left(3.7 - \frac{3.6}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1420 \text{ kgm}^2$$

$$U_4 = \left(2.1 - \frac{4.4}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1000 \text{ kgm}^2$$

$$U_5 = \left(2.1 - \frac{5.2}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1720 \text{ kgm}^2$$

$$U_6 = \left(2.3 - \frac{6.7}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1930 \text{ kgm}^2$$

$$U_7 = \left(2.3 - \frac{7.11}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 1757 \text{ kgm}^2$$

$$U_8 = \left(3.8 - \frac{8.63}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 2540 \text{ kgm}^2$$

$$U_9 = \left(3.8 - \frac{9.63}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 2635 \text{ kgm}^2$$

$$U_{10} = \left(4.8 - \frac{10.63}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 3532 \text{ kgm}^2$$

$$U_{11} = \left(4.8 - \frac{11.63}{47.0}\right) \times 4.72 \times 100 = 3254 \text{ kgm}^2$$

$$U_1 = \left(2.2 - \frac{12.21}{41.0}\right) \times 3.32 \times 100 = 424 \text{ kgm}^2$$

$$U_2 = \left(3.2 - \frac{13.21}{41.0}\right) \times 3.32 \times 100 = 587 \text{ kgm}^2$$

$$U_3 = \left(4.2 - \frac{13.21}{41.0}\right) \times 3.32 \times 100 = 749 \text{ kgm}^2$$

- Up lift pressure water in air bangle

$$\Delta H\ 20/60/120 = 528{,}72 - 521{,}98 = 6{,}72\ m$$

$$L = 47{,}50\ m$$

$$U_1 = 1 \cdot 6{,}72 - \frac{0}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_2 = 1 \cdot 6{,}72 - \frac{2}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_3 = 1 \cdot 6{,}72 - \frac{3{,}5}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_4 = 1 \cdot 6{,}72 - \frac{4{,}5}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_5 = 1 \cdot 6{,}72 - \frac{5{,}5}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_6 = 1 \cdot 6 - \frac{6{,}5}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_7 = 1 \cdot 6 - \frac{7{,}75}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_8 = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{8{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_9 = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{9{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_{10} = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{10{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_{11} = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{11{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

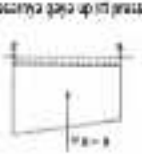
$$U_{12} = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{12{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_{13} = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{13{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

$$U_{14} = 1 \cdot 5{,}5 - \frac{14{,}25}{47{,}50} \cdot 2{,}72 \cdot 1 \cdot 1000 = [illegible]\ kg/m^2$$

b) **Perhitungan up lift pressure pada bidang kotak.**

Besarnya gaya up lift pressure pada bidang kotak 2 – 3 adalah :



$U_{2-3} = \gamma_w \cdot L \cdot (U_1 - U_2)$

Dan bekerja berat pada lift berat bangunan.

Gambar 18 Gaya Up Lift

Dimana untuk $U_1 - U_2$ = arah vertical disebut H

$U_2 - U_3$ = arah horizontal disebut H

Untuk tanah yang baik dengan konstruksi drain yang baik, maka up lift pressure dapat dianggap bekerja 67 % nya. Jadi up lift pressure bekerja antara 67% - 100 %.

- **Gaya up lift pressure waktu air normal**

1. **Gaya up lift vertical :**

V_{1-2} = 0,5 (1160 + 1425) 0,8 = 2776 kg/m

V_{2-3} = 0,5 (3425 + 1608) 0,2 = 164 kg/m

V_{3-4} = 0,5 (1608 + 1528) 1,5 = 2346 kg/m

V_{4-5} = 0,5 (1880 + 1557) 1,25 = 2148 kg/m

V_{5-6} = 0,5 (2340 + 2455) 1 = 2398 kg/m

V_{6-7} = 0,5 (3352 + 3254) 1 = 3303 kg/m

V_{7-8} = 0,5 (4245 + 4187) 0,8 = 3365 kg/m

$V_{U\ (+)}$ = 18397 kg/m

2. Gaya up lift horizontal :

H_{1-2} = 0,5 (1700 + 1900) 2 = 3200 kgm

H_{2-3} = 0,5 (3425 + 1600) 1,5 = 4016 kgm

H_{3-4} = 0,5 (1120 + 1800) 0,4 = 580 kgm

H_{4-5} = 0,5 (1257 + 2640) 1,1 = 2258 kgm

H_{5-6} = 0,5 (3451 + 3352) 1 = 3902 kgm

H_{6-7} = 0,5 (3134 + 4246) 1,1 = 4125 kgm

H_{7-8} = 0,5 (4187 + 2610) 1,5 = -589 kgm

H_x (+) = 4352 kgm

- Gaya up lift pressure waktu air banjir.

1. Gaya up lift vertical :

V_{0-1} = 0,5 (5259 + 4865) 0,8 = 4009 kgm

V_{1-2} = 0,5 (4865 + 3277) 0,2 = 827 kgm

V_{2-3} = 0,5 (3277 + 3167) 1,5 = 4833 kgm

V_{3-4} = 0,5 (3338 + 3446) 1,25 = 4047 kgm

V_{4-5} = 0,5 (4865 + 4792) 1 = 4829 kgm

V_{5-6-7} = 0,5 (5718 + 5945) 1 = 5832 kgm

V_{7-8-A} = 0,5 (6965 + 6906) 0,8 = 5588 kgm

V_y (+) = 29963 kgm

2. Gaya up lift horizontal :

$H_{1,2}$ = 0,5 [3500 + 5953] 2 = 9453 kg/m

$H_{2,3}$ = 0,5 [4995 + 3277] 1,5 = -6918 kg/m

$H_{3,4}$ = 0,5 [3167 + 3518] 0,5 = 1341 kg/m

$H_{7,8}$ = 0,5 [3446 + 4865] 1,5 = 4571 kg/m

$H_{8,9}$ = 0,5 [4782 + 5710] 1 = 5256 kg/m

$H_{10,11}$ = 0,5 [5945 + 6865] 1,5 = 9771 kg/m

$H_{4,5}$ = 0,5 [6806 + 4996] 1,5 = -8732 kg/m

H_{Σ} (+) = 13872 kg/m

Gambar 28 Gaya Up Lift Pressure Normal

Momen penahan (Mp) dan momen guling (Mg) akibat gaya – gaya yang bekerja terhadap titik sudut tumit kaki sebagai berikut :

Tabel 10 Akibat berat sendiri

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg . m)
G_1	1057,9	6,35	6747,147
G_2	231,25	5	5800,00
G_3	1716	5,7	9840,2
G_4	501,6	6,4	3210,24
G_5	2816	6,3	17740,8
G_6	352	5,8	2041,6
G_7	5716	5,9	33519
G_8	992	2,5	2479
G_9	3300	2,4	7920
G_{10}	1100	1,5	1650
G_{11}	3300	1,35	4455
G_{12}	1452	0,5	726
G_{13}	3960	0,4	1584
Total	31341	-	116311,007

Tabel 11. Akibat gempa

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg . m)
E_1	950,58	6,4	6083,712
E_2	207,9	5,7	1184,43
E_3	1542,6	5,8	8943,48
E_4	450,96	6,3	2839,048
E_5	2531,6	6,2	15698,92
E_6	316,8	5,8	1836,64
E_7	5142,8	5,9	30341,52
E_8	892	2,7	2408,4
E_9	3300	2,75	9075,0
E_{10}	1100	2,75	3025,0
E_{11}	3300	1,7	5610
E_{12}	1305,6	1,7	2219,52
E_{13}	3560	0,75	2670
		Jlh =	112158,184

3. Akibat tekanan tanah

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg/m)

S_1	770.67	4.8	+	3647
S_2	775.2	6.35	-	4922.52
		M_y = MA (+) =		3645.38
		M_y = MA (-) =		4922.52

4. Akibat gaya hidrostatis waktu air normal

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)		M_y (kg.m)
W_1	1440	4.8	+	6647
W_2	484.53	6.5	-	3149.25
		M_y = MA (+) =		6647
		M_y = MA (-) =		3149.25

5. Akibat gaya hidrostatis waktu air banjir

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)		M_y (kg.m)
W_1	1440	4.8	+	6647
W_2	2880.30	4.9	-	12495
W_3	917.7	6.4	-	5873.28
W_4	484.5	6.4	-	3100.8
W_5	3520	0.9	-	3528
W_6	3520	2.55	-	5896
		M_y = MA (+) =		10142
		M_y = MA (-) =		22496.08

8. Akibat gaya aksial waktu air normal

- Vertikal :

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg.m)
V_{2-3}	2771	6.5	17041.65
V_{3-4}	164	5.65	926.60
V_{4-5}	2346	4.8	11260.80
V_{5-7}	2145	3.425	7346.96
V_{5-6}	2690	2.30	6190
V_{6-7-1}	3303	1.30	4293.9
V_{7-1-8}	3366	0.80	2692

M_y = MA (+) =

49312.85

- Horizontal :

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg.m)
H_{2-3}	2633	6.5	17041.65
H_{3-4}	-4026	5.65	926.60
H_{4-5}	660	4.8	11260.80
H_{5-7}	2250	3.425	7346.96
H_{5-6}	29622	2.30	6190
H_{6-7-1}	4125	1.30	4293.9

$H_{5,6}$	-5266	0,80	2820
			$M_y = M_x$ (+) = 39776,05
			$M_y = M_x$ (-) = 15291,6

3. Akibat gaya aksial waktu air banjir

- Vertikal :

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg.m)
$V_{0,1}$	4819	5,15	24716,85
$V_{1,2}$	627	15,65	9812,55
$V_{2,3}$	4833	4,90	23198,4
$V_{3,4}$	4365	3,45	14971,95
$V_{4,5}$	4829	2,30	11106,7
$V_{5,6+1}$	5862	1,20	7034,6
$V_{5,6-1}$	5308	0,40	2122,2
			$M_y = M_x$ (+) = 93176,25

- Horizontal :

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_x (kg.m)
$H_{1,2}$	8563	2,65	22261,85
$H_{3,4}$	-9518	2,90	-19182,20
$H_{4,5}$	1341	3,40	4559,40
$H_{1,2}$	4871	2,60	12113,13
$H_{5,6}$	5256	1,60	8409,60

$H_{(+)}$	6771	0,55	3724,05
$H_{(-)}$	-8700	0,75	-6525,0

$M_y = M_y (+) =$ 51797,25

$M_y = M_y (-) =$ 57719,70

Pemeriksaan Terhadap Guling

Tubuh Bendung bermungkinan terguling kemasekat nilai dengan rilis guling SNI A. Syarat-syarat stabil tas terhadap guling

S_f = $\frac{M_y}{M_g}$ = 1,80

S_f = Faktor kemanan

M_y = Momen penahan (kg/m)

M_g = Momen guling (kg/m)

1. Faktor keamanan guling waktu air normal

1. Momen penahan

- Akibat berat sendiri = 118511,887 kg.m
- Akibat tekanan tanah = 4622,53 kg/m
- Akibat gaya hydrostatis = 3189,25 kg/m
- Akibat gaya up lift horizontal

= 70% x 18291,6 = 12804,12 kg/m

M_y = 139087,877 kg.m

2. Momen guling

- Akibat gempa = 11238,334 kg/m
- Akibat tekanan tanah = 2549,08 kg/m
- Akibat gaya up lift vertikal

CW= 70% x 49331,93 = 34625,356 kg.m

M_g = 53662,179 kg/m

S_f = $\frac{139087,877}{53662,179}$ = 2,49 > 1,80 – (safe)

2. Pemeriksaan terhadap geser

Syarat stabilitas geser

$$S_f = \frac{F \cdot \Sigma V}{\Sigma H} \geq 1.50$$

Di mana

Sf = Faktor keamanan

F = Koefisien F = tg Ø

Ø = Sudut perlawanan geser bahan pondasi, dalam hal ini Ø =

27,50 – 28,88 (bahan pondasi terdiri dari lapisan pasir kerikil, kerikal yang cadang dengan lempung berwarna)

ΣV = Jumlah gaya-gaya vertikal (kg/m)

ΣH = Jumlah gaya-gaya horizontal (kg/m)

1. Kondisi air normal

– Vertikal :

– Berat sendiri	= 34331,50	kg
– Tekanan lumpur	= 775,2	kg
– Gaya hydrostatis	= 485,5	kg
– Up lift pressure		
70% x 16697	= 11617,3	kg
ΣV	= 47209,5	kg

– Horizontal :

– Akibat gempa	= 3239,15	kg
– Tekanan lumpur	= 770,67	kg
– Gaya hydrostatis	= 1440	kg
– Up lift pressure		
70% x 6002	= 4236,4	kg
ΣH	= 9791,22	kg

Faktor keamanan

Harga dari Ø dari hasil tertesti yaitu Ø = 27,5°

F = tg Ø = tg 27,5° = 0,52

$\eta_1 = \frac{F_{ab}\,\Delta V}{\Delta H} = \frac{1000 \cdot 10000}{9000 \cdot 20} = 2.81 = 1.50$ (aman)

3. Letak titik tangkap konstruksi

Untuk menentukan titik tangkap konstruksi harus terletak pada daerah

kern.

Syarat :

$e = \frac{1}{2}B - \frac{M}{V} < \frac{1}{6}B$

Dimana :

B = Panjang suatu bending

M = Selisih momen tahan dan momen gaser

V = Titik gaya vertikal

e = Jarak titik tangkap konstruksi

$e = \frac{1}{2} \cdot 6{,}55 - \frac{(10000 \cdot 27) + (4000 \cdot 1{,}75)}{17000} = \frac{1}{6} \cdot 6{,}55$

$= 3{,}28 - 2{,}29 = 1{,}09$

$= 0{,}90 = 1{,}09$ (aman)

4. Faktor keamanan guling waktu air banjir

a. Momen Penahan

- Akibat berat sendiri = 118811,987 Kg
- Akibat tekanan tanah = 4322,64 Kg
- Akibat gaya horizontal = 22496,59 Kg
- Akibat gaya up lift horizontal

70% x 25718,73 = 18003,09 Kg

M_t = 153603,977 Kg

b. Momen guling

- Akibat gempa = 11258,334 Kg
- Akibat tekanan tanah = 2646,06 Kg
- Akibat gaya horizontal = 15142 Kg
- Akibat gaya up lift horizontal

70% x 25718,73 = 18003,09 Kg

M_g = 71155,499 Kg

Faktor keamanan:

$S_1 = \frac{M_r}{M_g} = \frac{[illegible]}{[illegible]} = 2.38 > 1.50$ — (Safe)

2. Pemeriksaan terhadap geser

Syarat stabilitas terhadap bendung

$S_2 = \frac{f \cdot \Sigma V}{\Sigma H} > 1.50$

Dimana :

S_2 = Faktor Keamanan

f = Koefisien geser tanah pondasi, diambil nilai tg φ = 27.50°

= 36.8° (tanah pondasi terdiri dari lapisan pasir, kerikil yang bercampur dengan kotoran bebatuan)

V = Jumlah gaya vertikal (kg)

H = Jumlah gaya horizontal (kg)

a. Waktu air banjir

- Vertikal = 34341,50 kg
- Tekanan lumpur = 775,20 kg
- Gaya Hidrostatis = 5625 kg
- Up lift pressure

70% x 29963 = 20974,1 kg

ΣV = 61312,8 kg

- Horizontal
  - Akibat gempa = 3335,15 kg
  - Tekanan lumpur = 775,67 kg
  - Gaya Hidrostatis = 75 kg
  - Up lift pressure

70% x 10672 = 7470,4 kg

ΣH = 11655,22 kg

Faktor keamanan:

Harga dari φ dari tabel yang terkecil yaitu φ = 27.5°

f = tg φ = tg 27.5° = 0.52

$\eta_i = \frac{1.20}{Dx} = \frac{[illegible]}{[illegible]} = 2.74 > 1.20$ – (safe)

6. Letak titik tangkap konstruksi

Syarat :

$e = 1/2 \cdot B - \frac{M}{V} < 1/6 \cdot B$ — $1/6 \cdot 5.55 = 1.09$

$= 1/2 \cdot 6.66 - \frac{[illegible]}{[illegible]} = 1/6 \cdot 6.66$

$= 3.257 > 2.26 = 1.09$ (aman)

7. Tegangan yang timbul pada tanah pondasi

Syarat stabilitas pada tegangan tanah

$\sigma 1 ; \sigma 2$ tak $\sigma t = 0$

Dimana :

σt = tegangan tanah yang timbul (kg/cm²)

σt = tegangan tanah yang diizinkan pada tanah pondasi (kg/cm²)

Tegangan tanah yang diizinkan pada tanah pondasi dihitung dengan rumus Terzaghi sebagai berikut :

$q = C\ Nc + \alpha \cdot D \cdot Nq + 0.5 \cdot \alpha \cdot B \cdot N\gamma$

Dimana :

q_u = Daya dukung keseimbangan (ton/m²)

C = Cohesi tanah, dalam hal ini = 0

α = Berat tanah, dalam hal ini = 2.60 – 2.80 ton/m³

D = Dalamnya pondasi, dalam hal ini D = 3.00 m

B = Lebar pondasi, dalam hal ini B = 6.55 m

Nc , Nq , Nγ = Faktor daya dukung yang tergantung pada sudut perlawanan geser tanah

Dengan sudut geser $\Phi = 21.5°$ didapat faktor daya dukung Nq = 13 dan

Nc = 14, Nγ = 31.15

$q_u = 0 \cdot 31.15 + 2.60 \cdot 3.00 \cdot 14 + 0.5 \cdot 2.60 \cdot 6.55 \cdot 14$

= 8 + 109,2 + 119,21

= 228,41 ton/m'

Tegangan tanah yang diizinkan

$\sigma = \frac{q_u}{n}$; n = faktor keamanan, n = 3

$= \frac{228,41}{3}$ = 76,14 ton/m² = 7,614 kg/cm²

8. Waduk air normal :

$\sigma = \frac{\Sigma V}{A}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{1139,2}{100,00}\left(1 \pm \frac{6 \cdot 1,06}{100}\right)$

$= 1,39\ (1 \pm 0,01)$

$\sigma 1 = 1,39\ (1 + 0,01)$

$\sigma 1 = 1,40$ kg/cm²

$\sigma 2 = 1,39\ (1 - 0,01)$

$\sigma 2 = 1,38$ kg/cm²

$\sigma 1$ dan $\sigma 2$ < ——— (safe)

9. Waduk air kosong :

$\sigma 1 = \frac{\Sigma V}{A}\left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right)$

$= \frac{1139,2}{100,00}\left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,971}{100}\right) = 0,94\ (1 \pm 0,01)$

$\sigma 1 = 0,94\ (1 + 0,01)$

$= 0,95$ kg/cm²

$\sigma 2 = 0,94\ (1 - 0,01)$

$= 0,93$ kg/cm²

$\sigma 1$ dan $\sigma 2$ < $\sigma 1$ ——— (safe)

Ternyata tegangan tanah yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan yang diizinkan, jadi konstruksi aman terhadap penurunan.

11 Perhitungan Stabilitas Tembok Sayap

Tembok sayap adalah tembok dasar bendung yang berfungsi untuk melindungi tanah, tembok ini direncanakan sehingga stabil terhadap gaya-gaya yang bekerja pada tembok itu sendiri. Stabilitas tembok

dimbing terhadap guling geser, eksentrisitas dan tegangan tanah yang timbul pada tanah pondasi.

Kedalaman dan ukuran tembok sayap tergantung pada keadaan tanah dikiri dan kanan dan elevasi dasar bendung yang telah direncanakan. Dengan menyesuaikan pada keadaan tanah dan elevasi dasar bendung, dasar pondasi tembok sayap ditetapkan pada elevasi yang telah ditentukan. Pada kedalaman ini maka tembok sayap akan tertahan pada lapisan bongkah, kerikil kerikil yang kompak , pasir, sangat kaku dan lempung kuat yang dikiri dengan lapisan kaku. Menurut hasil penyelidikan tanah, pada kedalaman ini nilai SPT = 60 blows/ft.

a. Dasar pondasi tembok sayap dikiri dan dikiri bendung.

Berdasarkan kondisi tanah dan elevasi dasar bendung. Berdasar ini dapat dimbing dengan ukuran-ukuran berdasarkan criteria tembok penahan tanah timpan beban datsar sengan pedoman dan criteria perencanaan teknik irigasi, Direktorat Irigasi Departemen Pekerjaan Umum. Karena kondisi tanah dasar pada sekitar bendung terdiri dari lapisan kerikil yang cukup tebal dan kompak sehingga cukup baik untuk pondasi tembok penahan tanah seperti diatas.

b. Bahan Pengisi Belakang Tembok Sayap

Bahan pengisi tembok sayap diambil dari tanah timbunan disekitar lokasi bendung dimana diduga jenis tanah pasir berpungar mengandung kerikil, kerikil dipadatkan dengan parameter :

- Berat tanah $\gamma_t = 2.00$ ton/m³
- Sudut geser $\phi = 27,50°$
- Kohesi $C = 0$ kg/cm²

c. Perhitungan stabilitas Tembok Sayap Dikiri bendung

Gaya-gaya bekerja :

- Berat sendiri

G_1 = 1,00 x 0,69 x 2200 = 18777 kg

G_2 = 1,00 x $\frac{1,00}{2}$ x 2200 = 8250 kg

G_3 = 2,5 x 1,00 x 2200 = 5500 kg

G_{tot} = 32286 kg

Gambar 21 Gaya yang bekerja pada Tembok dayup di atas

- Beban atap

W_1 = 1,50 x 3,69 x 0,50 x 2600 = 7024,5 kg/m

- Gaya-gaya horizontal akibat gempa

Percepatan gempa C = 0,01

K_1 = 0,01 x G_1 = 0,01 x 18777 = 187,77 kg

K_2 = 0,01 x G_2 = 0,01 x 8250 = 82,50 kg

K_3 = 0,01 x G_3 = 0,01 x 8250 = 82,50 kg

K_{tot} = 352,88 kg

- Tekanan tanah aktif

Pa = 2c √ka Pa = γ x h x ka - 2 x c x √ka

γ = berat isi tanah

h = kedalaman tanah pada titik yang

ditinjau

ka = Koefisien tanah aktif

$= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$

Pa = γ . h . ka

Gambar 22 Tekanan tanah aktif

Tekanan tanah aktif yang bekerja pada tembok penahan untuk

Bangunan

$\phi = 27,5^\circ$ ——— C = 0 kg/m²

$ka = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin(27,5)}{1 + \sin(27,5)} = 0,37$

Pa = 2 . c . √ka

= 2 x 0 x √0,37 = 0

Pb = γ . h . ka - 2 . √ka — Mihat 123

= 2686 x 7,10 x 0,37 - 2 x 0 √0,37

= 7129,034 kg/m²

Secara teoritis sebagian Tanah dapat mengurangi besarnya gaya lekan yang bekerja. Tetapi dalam kenyataannya, tanah pasirlo tidak dapat menahan gaya Tarik. Jadi tekanan negatif dalam tidak diperhitungkan.

Tinggi tekanan aktif yang bekerja ialah :

$$ha = \frac{\gamma_1 \cdot H_1}{\gamma_2 + H_1}$$

$$= \frac{2,1 \cdot 1,5 \cdot 1,5}{2,1 \cdot 1,5 + 2,1 \cdot 1,5}$$

= 1,05 m

Pa = 1/2 . Pa . ha

= 1/2 . 7120,684 . 1,05

= 3994,832 kg/m

Kontrol terhadap guling

Titik guling adalah titik (A) Momen penahan (M_p) dan momen

Guling (M_g) adalah sebagai berikut :

- Momen penahan (M_p)

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_p (kg.m)
G_1	18777	0,75	14082,75
G_2	6359	1,80	11442,57
G_3	6250	1,25	10312,5
W	7624,6	2,17	16548,382
		Σ V = 49010,60	M_p = 52384,832

- Momen guling (M_g)

Gaya	Besar Gaya (kg)	Lengan Momen (m)	M_g (kg.m)
Pa	3994,000	1,322	47118,23
R_1	187,77	4,348	815,96
R_2	62,59	3,387	212,02
R_3	62,59	0,75	61,976
		Σ H = 3907,722	M_g = 5206,585

Faktor keamanan terhadap guling

$$SF_{guling} = \frac{M_p}{M_g} = \frac{52364,600}{5206,585} = 9,62 > 1,50 \text{ (safe)}$$

Kontrol terhadap geser :

ΣH = 3907,722 kg

ΣV = 40910,60 kg

$$S_f \text{ geser} = \frac{0,65 \times 40910,60}{3907,722} = 6,80$$

$$6,80 > 1,50 \text{ ——— (safe)}$$

Tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi :

$$\Sigma M = M_p - M_g = 52364,600 - 5206,585$$

$$= 46985,017 \text{ kg/m}$$

ΣV = 40910,60

$$e = 1/2 \ldots B - \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = 1/6 \ldots B$$

$= 1.0 \cdot 2.5 \cdot \frac{4000 \times 1}{4000 \times 90} = 1.6 \times 2.50$

$= 1.25 - 1.14 = 2.42$

$= 0.11 = 0.42$ ——— (safe)

$\sigma A = \frac{\Sigma V}{A}\left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B}\right)$

$= \frac{4000 \times 90}{100 \times 100}\left(1 \pm \frac{6 \cdot 0.11}{100}\right)$

$= 1.64 \times 1.00$

$= 1.64$ kg/cm²

Tegangan tanah yang diizinkan

Untuk $\phi = 27.50°$

$Nq = 13 \cdot Nc = 14 \cdot Nc = 31.5$

$Qu = C \cdot Nc + \gamma \cdot D \cdot Nq + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N$

$= 3 \times 31.15 + 2.69 \times 1.86 \times 13 + 1/2 \times 2.68 \times 2.50 \times 14$

$= 3 + 92.26 + 46.9$

$= 93.15$ ton/m²

$\sigma A = \frac{Q}{A} = \frac{93.15}{4} = 23.29$ ton/m²

$= 2.329$ kg/cm²

Ternyata tegangan tanah yang diizinkan lebih besar dari tegangan tanah yang terjadi, jadi tanah pondasi cukup kuat.

12 Perhitungan Sistem Pengambilan

Pintu pengambilan berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang masuk saluran sesuai dengan yang dibutuhkan, dan mencegah masuknya benda-benda padat dan kasar kedalam saluran induk yang dikendalikan. Dok Adjustable kasi dimana cara kerja sebagai berikut :

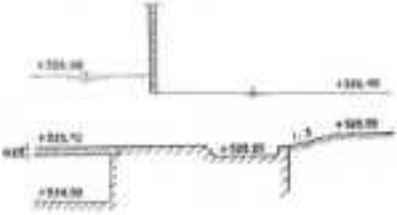
A = 577 m² Q = 1,221 m³/dt

V = 0,55 m/dt h = 0,85 m

b = 1,70 m w = 0,50 m

- **Perhitungan sistim pengambilan**

Air yang masuk dalam saluran lewat ambang pengambilan ini dianggap sebagai pengaliran ambang lebar sempurna.



Gambar 23 Pintu Pengambilan

Dimana :

Q = Debit yang melewati ambang pengambilan (M³/dtk)

b = Lebar pintu pengambilan (M)

h = Tinggi air MW di atas ambang (M)

c = Koefisien pengambilan yang tergantung pada bentuk mulut

pintu pengambilan

g = Percepatan gravitasi (m/dt²)

z = Kehilangan tekanan (M)

Harga c tergantung dari konstruksi pada ambang dan sisi-sisinya yang dipengaruhi oleh bentuk ambang, pembulatan mercu ambang dan sisi-sisinya.

Harga c dapat diambil sebagai berikut :

Ambang dibulatkan dan sisi-sisinya dibentuk c = 0,90 – 0,95

Untuk perencanaan pintu pengambilan bendung bentuk diambil harga :

h = 0,70 m

z = 0,20 m

c = 0,90 m

$$b = \frac{Q}{c \cdot h \sqrt{2g \cdot z}} = \frac{1,01}{0,90 \times 0,70 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,20}}$$

$$= \frac{1,01}{1,03}$$

= 1,10 m dari h = 0,70 m

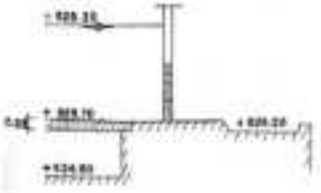
- Elevasi puncak mercu bendung = + 535,70 m

- Tinggi tekanan untuk top-atas = 0,10 m

Jadi elevasi muka air normal dihulu pintu pengambilan = + 535,60 m. Untuk menghitung dimensi pintu pengambilan ini digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = C \cdot b \cdot h \sqrt{2g \cdot z}$$

– Perhitungan elevasi daun pintu



Gambar 34 Elevasi Daun Pintu

Daun pintu dibuat dari balok kayu dengan kelas kekuatan kelas II.

Tegangan lentur ijin = 100 kg/cm²

Elevasi ambang pengambilan = + 625.70 m

Elevasi muka air banjir = + 628.20 m

Ukuran balok direncana 10 x 15 cm

Tegangan hydrostatis pada balok terendah :

h = 628,20 – 625,70 = 2.50 m

q = γ . h . d = 1000 x 2,50 x 0,15 = 375 kg/m

Lebar ambang b = 1,10 m

Jadi : L = b_1 + 2 x 1/2 . t = 1,10 + 2 . $\frac{0,15}{2}$ = 1,25 m

M = 1/8 . q . L^2 = 1/8 x 375 x $1,25^2$ = 732,4 kgm

$= \frac{M}{W} = \frac{732,4}{1/6 \times 10 \times 15}$

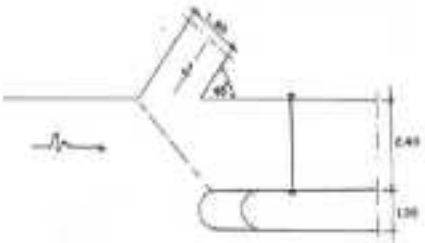
= 13,63 kg/cm² ——(aman)

13 Perbilangan Pintu Pengurus

Pintu pengurus yang dibuat di sebelah kiri bendung sesuai letak pintu pengambilan. Pintu pengurus lebarnya 2,40 m. untuk mencegah masuknya benda-benda pasat kedalam saluran dibagian depan pintu pengurus dibuat pilar under sluiter setinggi ambang pengambilan.

Pilar under sluiter ini dibuat dari beton bertulang dengan tebal 25 cm. dengan adanya pilar beton ini pusaran air yang sering terjadi didepan ambang intake akan dibatasi dan dengan demikian benda-benda kasar tidak akan naik dan tidak masuk kedalam saluran, sudah barang tentu benda-benda kecil yang berbentuk kasar/sedimen kemungkinan masih akan masuk ke dalam saluran tetapi ini tidak akan membawa akibat yang besar karena benda-benda tersebut dibuatkan oleh tanaman sebagai pupuk, sepanjang tidak mengandung zat-zat yang membawa akibat jelek bagi tanaman.

Disamping itu dengan adanya under sluiter ini efek pengurusan menjadi besar karena sedak-sedak berbentuk suatu kong sempit dan dengan demikian memperbesar daya sedot terhadap bahan-bahan endapan.



Gambar 25 Skel Pintu Pengurus dan Pintu Intake

a. Kecepatan aliran untuk pengurasan

Kecepatan aliran pada pengurasan dibatasi hanya untuk menghanyutkan sedimen yang terbawa air sungai sendiri, seti lumpur campur pasir dan batuan-batuan dengan diameter maksimum kira-kira 10 cm. Kecepatan aliran yang diperlukan untuk pengurasan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V_0 = 1,5 \cdot C \cdot d^{0,5}$$

Dimana :

V_0 = kecepatan kritis yang diperlukan untuk pengurasan (m/dt)

C = koefisien yang tergantung dari contoh sedimen dalam hal ini

C = 0,2 – 0,3

$$d_m = 1,5 \times C \times d^{0,5}$$

$$= 1,5 \times 0,5 \times 10^{0,5}$$

$$= 2,61 \text{ m/dt}$$

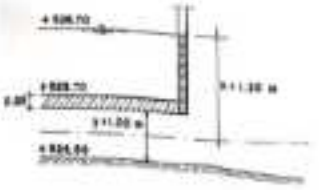
Debit minimum yang diperlukan untuk mengurasi

Q_m = debit minimum pengurasi pertusuan meter (m³/dtm)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

$$Q_m = \frac{V^2 \cdot g}{g} = \frac{2,61^2}{0,5} = 1,61 \text{ m³/dtm}$$

b. Pintu dibuka setinggi orifice spaler



Gambar 26 Pintu Pengurus Bendung

Elevasi muka air normal = + 525,70

$$Y = 525,70 - 0,80 - 524,00 = 1,00 \text{ m}$$

$$h = 525,70 - 524,00 - \frac{1,00}{2} = 1,20 \text{ m}$$

kecepatan aliran dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$\frac{Q}{F} = V$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/d)

= koefisien pengaliran diambil = 0,62

g = percepatan gravitasi (m/d²)

h = Tinggi muka air di atas dari titik berat lobang spuler (m)

$$V = C \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,62 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,20}$$

= 3,01

V = 3,01 m/dt = V_0 = 3,01 m/dt ---- (safe)

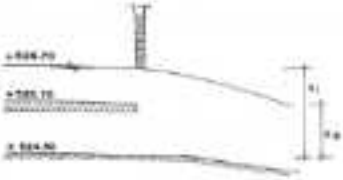
Q = V . A = 3,01 x 2,42 x 1,20

= 8,78 m³/dt

$q = \frac{Q}{L} = \frac{8,78}{3,60} = 2,55$ m³/dt

q = 2,55 m³/dt q_o = 1,01 m³/dt - (safe)

c. Pintu dibuka penuh



Gambar 27 Pintu pengurus bendung

Kecepatan aliran dihitung dengan rumus categori berikut :

$V = C\sqrt{2 . g . z} \text{ ---- } z = V^2 / 2 . H$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/dt)

C = koefisien kecepatan ini C = 0,75

H = tinggi muka air (m)

H = 325,70 - 324,08 = 1,78 m

$V = C\sqrt{2 . g . z} = 0,57\sqrt{2 \times 9,81 \times 0,87}$

= 2,10 m/dt

V = 2,10 m/dt > Vc = 1,81 m/dt ——— (safe)

Q = V . A = 2,10 x 2,40 x 1,75 = 8,87 m³/dt

q = $\frac{Q}{L}$ = $\frac{8,87}{2,40}$ = 3,67 m³/dt

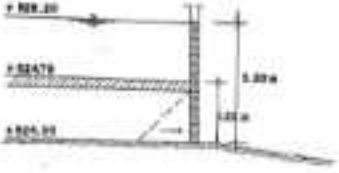
q = 3,67 m²/dt > qm = 1,81 ——— (safe)

d. Perhitungan dimensi daun pintu

Daun pintu dari balok kayu bolon I dengan tegangan yang diizinkan

t =

100 kg/cm².



Gambar 22 Dimensi daun pintu pengaman

Dimensi balok kayu diambil 15 x 20 cm

Dianggap lumpur setinggi pintu dengan spesifik berat lumpur s = 1,60 ton/m³

Dan sudut Ø = 30°

$$ka = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset} = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0,3333$$

Tekanan pada balok bawah:

Akibat air = 0,15 x 1,20 x 1000 = 180 kg/m

Akibat lumpur = 0,50 (1600 – 1000) 0,75 x 0,333 = 149,5 kg/m

= 1229.3 kg/m

Lebar saluran pengurus b = 2,40 m

$$L = b + 2 \cdot \frac{1}{2} = 2.40 + 2 \cdot \frac{2.50}{2}$$

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 1229.3 \times 2.50^2 = 1030.76 \text{ kg/m}$$

$$= \frac{M}{W} = \frac{1030.76}{1/6 \times 1 \times 2^2} = 1.04 \text{ kg/m}$$

$$= 1,04 \text{ kg/m} < \sigma \text{ ——— (safe)}$$

14 Perhitungan Bagian-Bagian Beton Bertulang

Dalam perencanaan ini bagian-bagian yang direncanakan dengan konstruksi beton adalah sebagai berikut :

1. Pelat pelayan pintu pembilas
2. Pelat pelayan pintu intake
3. Pelat under sluiter

Dan material yang dipergunakan adalah sebagai berikut

- **Mutu beton K.175**

Tegangan tekan beton yang diizinkan $\sigma b' = 60$ kg/cm²

Tegangan Tarik beton yang diizinkan $\sigma b = 8,50$ kg/cm²

Tegangan geser lentur atau punti $\tau = 5$ kg/cm²

Angka ekivalen n = 24

- **Mutu Baja U39**

Tegangan Tarik baja yang diizinkan $\sigma a = 1400$ kg/cm²

dimana $\sigma a = \sigma a' = 1400$ kg/cm²

Kekuatan Tarik baja rencana = $\sigma'au$

Kekuatan tekan baja rencana = $\sigma'au$

Dalam hal ini $\sigma'au = \sigma'au = 2000$ kg/cm²

$\beta o = \frac{ok}{k \cdot ok} = \frac{1400}{24 \times 60} = 0,972$

Pelat Pelayan Pintu Pendidikan

Lebar bentang = 2,40 m

Tebal pelat = 0,20 m

Lebar kedis = 2,40 + 0,20 = 2,60 m

Pembebanan

- Berat sendiri = 0,20 . 1 . 2,4 = 0,48 ton/m
- Berat orang dan alat alat ditaksir = 0,10 ton/m

= 0,58 ton/m

M_{max} = 1/8 qL² = 1/8 . 0,58 . 2,60² = 0,7436 ton

$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b \cdot \beta}}} = \frac{11}{\sqrt{\frac{0,7436}{1 \cdot 0,972}}} = \frac{11}{0,87} = 4,761$

Dipunakoe dengan cara kontur 'Y'

Untuk Ca = 4,761 dari tabel β = 0,2

Maka : β = 2,646

β = 4,625

$100W = \frac{4,625}{360 \cdot 24} = 0,0020$

A = W . B . h

= 0,0020 . 100 . 20 = 4,00 cm² Ø 12 – 20

8,652 cm²

A = A + 0,20 . 4,00 = 0,80 cm² Ø 10 – 20

3,93 cm²

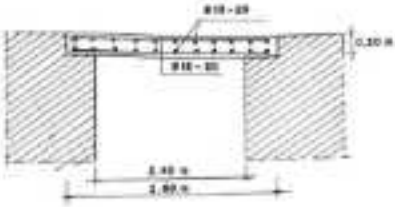
Tulangan geser

$V = \frac{Q}{2 \cdot a} \ldots Q = 1/2\ q\ l$

= 1/2 . 0,58 . 2,60 = 1,144 ton m

$= \frac{1,144}{0,0 \cdot h} = 0,769\ kg/cm^2 < 5\ kg/cm^2$

Tidak perlu tulangan geser



Gambar 29 Penulangan Plat Pelayan Pintu Pembilas

Pelat Pelayan Pintu Intake

Lebar bentang = 1,10 m

Tebal pelat = 0,20 m

Lebar bentang = 1,10 + 0,20 = 1,30 m

Pembebanan

Berat sendiri = 0,20 . 1,00 . 2,4 = 0,48 t/m

Berat orang dan alat ukur dibatas = 0,4 t/m²

Q = 0,88 t/m²

$M_{u,x} = 1/8\ q l^2 = 1/8\ .\ 0,88\ .\ 1,30^2 = 0,1859$ tm

$Cx = \frac{l_x}{\sqrt{M_{u,x}}} = \frac{0}{\sqrt{0,1859}} = \frac{0}{0,1859} = 5,334$

Digunakan dengan cara terlur "0"

Untuk Cx = 5,334 dari tabel δ = 0,2

maka : β = 3,256

β' = 5,667

10 δ/β = 3,742

$\rho = \frac{3,742}{100\ .\ 20} = 0,0015$

A = ρ . b . h

= 0,0015 . 100 . 20 = 3,00 cm² Ø 10 – 20

A = 3,93 cm²

A' = A . 0,2 = 3,00 . 0,2 = 0,6 cm² Ø 8 – 20

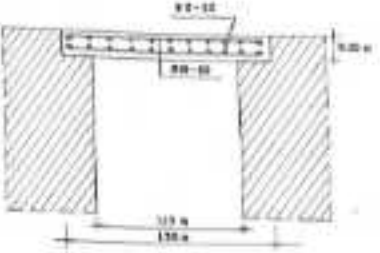
A = 1,413 cm²

Tegangan geser

$= \frac{D}{b \cdot z}$ ..... D = 1/2 . ql

$= \frac{[illegible]}{[illegible]} = 0,29 < 5$ kg/cm²

Tidak perlu tulangan geser



Gambar 36 Penampang Plat Pelayan Pintu Intake

Pelat under spuier

Lebar bentang = 2,40 m

Tebal pelat diambil = 25 cm

Tinggi air diatas pelat = 526,00 – 525,75 = 2,5 m

Ditinjau pelat dianggap tidak ada air

Pembebanan

- Lebar bentang = 2,40 + 0,25 = 2,65 m
- Berat sendiri plat = 0,25 x 2,65 = 0,63 t/m'
- Berat air = 2,5 x 1 = 2,5 t/m'

= 3,13 t/m'

$M_{max} = 0,125\ q\ l^2 = 0,125 \times 3,13 \times 2,65^2$

$M_{max} = 2,755$ tm

Peradap beton diambil 5 cm

$$Ca = \frac{EI}{\frac{b \times h^3}{12 \times h}} = \frac{EI}{0,33} = 2,667$$

Dipunakan dengan cara lihat "Y"

Untuk Ca = 2,667 dari tabel δ = 0,6

Maka : Ø = 1,770

Ø = 2,462

1000 W = 15,50

$$W = \frac{15,50}{1000 \cdot 2,4} = 0,00667$$

A = W . δ h

A = 0,00667 x 100 x 20 = 11,14 cm² Ø 16 – 20

A = 12,72 cm²

A' = A . 0,6 = 11,14 . 0,6 = 6,684 cm² Ø 12 – 20

A = 6,79 cm²

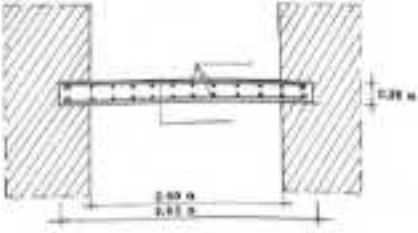
D = 1/2 x 3,15 x 2,65 = 4,174 ton = 4174 kg

Tegangan geser

$$\tau = \frac{D}{100 \times 79 \times 0,85} = \frac{4174}{6715} = 2,663$$

2,663 kg/cm² < 5 kg/cm²

Tidak perlu pakai tulangan geser

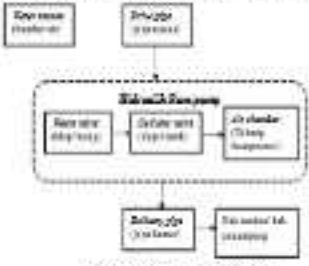


Gambar 31 Penulangan Pelat Undern Spoler

10. Pompa Air Tanpa Motor (PATM)

Diagram Blok

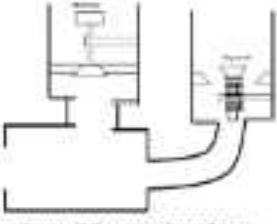
Alat pompa hidrolik ram yang akan dirancang pada penelitian ini bertugas untuk mempertahankan aliran debit air ram berupa secara kontinu. Secara garis besar alat pompa hidrolik ram ini terdiri dari tiga blok utama. Diagram blok kesatuannya ditampilkan seperti gambar berikut.



Gambar 32 Diagram Blok Pompa

Rancangan Badan Pompa

Adapun rancangan badan pompa dari alat yang akan dirancang seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 33 Rancangan Badan Pompa

Gambar 33 menunjukan rancangan badan pompa dengan 2 klep yaitu klep buang dan klep masuk. Klep buang digunakan untuk membuang sedikit air dan akan menutup secara otomatis sehingga menimbulkan efek water hammer. Kemudian klep masuk digunakan agar air yang sudah masuk ke tabung udara tidak turun ke badan pompa. Badan pompa dirancang dengan menggunakan T- junction dan knee- L dengan ukuran 1½". Klep buang dan klep masuk juga mempunyai ukuran diameter yang sama dengan badan pompa yaitu 1½". Klep buang dan klep masuk terbuat dari karet dalam keunggan dan untuk T-junction dan knee-L terbuat dari besi. Selanjutnya bagian – bagian ini dirakitkan dengan menggunakan drat luar yang juga terbuat dari besi.

Penentuan Head Masuk

Untuk penelitian ini, penentuan head masuk digunakan untuk menentukan parameter – parameter yang ada (ukuran pipa masuk, dll.). Pada awalnya diasumsikan head masuk 1 m, tetapi dalam pengujian di lapangan nilai ini berubah menjadi 1,5 m. Hal ini karena dalam pengujian di lapangan, ada tambahan ketinggian permukaan air dalam tangki water source 0,5 m. Dalam pengujian nilai ini menjadi parameter yang ditetapkan.

Penentuan Head Keluar

Berdasarkan penelitian Dr. Jagdish Lal (1975), head keluar kita asumsikan sebesar 6 m. Harga ini mengacu pada hasil penelitian beliau yang menyatakan bahwa panjang pipa keluar atau head keluar berhubungan dengan efisiensi, yang juga berarti berhubungan dengan panjang pipa masuk dan head masuk. Agar efisiensi pompa hidram menjadi maksimum, maka hubungan ketiga parameter diatas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 12 Besar head keluar berdasarkan head masuk dan panjang pipa masuk

H (m)	1	2	3	4

h (ft)	10	15	20	30
L (ft)	10	15	20	30

Penentuan Diameter Pipa

Setelah diketahui panjang pipa masuk, maka dari tabel di bawah ini bisa kita tentukan diameter pipa masuk (drive pipe) yang akan kita gunakan

Tabel 13 Tabel hubungan panjang pipa masuk dan diameter pipa masuk

Diameter (10⁻³ ft)	Panjang pipa masuk L (ft)	
	Minimum	Maximum
15	2	15
20	3	20
25	4	25
30	4,5	30
40	6	40
50	7,5	50
60	12	60
100	15	100

Setelah mendapatkan nilai dari tabel 3.1, kemudian kita cek nilai tersebut menggunakan metode Calvert, dimana :

100 < L/D < 1000

dengan memasukkan L = 15 ft dan D = 3,81 x 10-2 m pada persamaan di atas maka didapatkan L/D = 262,46 . Nilai tersebut memenuhi persamaan dari metode Calvert di atas. Nilai tersebut juga

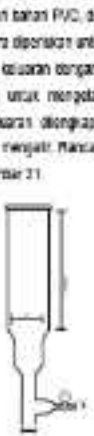
sesuai jika dicek pada table 2.2. Jadi asumsi kita menggunakan pipa dengan diameter 1.5 in dengan panjang 10 m adalah benar.

Penentuan Panjang Pipa

Panjang pipa masuk kita tentukan sesuai table 3.1 yaitu 10 m. Pada tabel ini ditampilkan agar efisiensi yang diperoleh maksimum, dengan asumsi besar head masuk yang telah kita tentukan 1 m dan besar head keluar 5 m, maka panjang pipa masuk yang memiliki adalah 10 m, sesuai dengan perhitungan di atas, panjang pipa masuk 10 m dengan diameter 1.5 in telah memenuhi persamaan metode Colebrook.

Rancangan Tabung udara dan pipa buangan

Tabung udara dibuat dari bahan PVC, dengan ukuran tinggi 1 meter dan diameter 4". Tabung udara dipasangkan untuk mendorong air yang telah dipompa keluar melalui pipa keluaran dengan ukuran diameter ½ ". Pipa buangan di sambung ke atas untuk mengetahui tinggi air yang dapat terangkat. Di jalur pipa keluaran dilengkapi dengan barometer untuk mengetahui tekanan air yang mengalir. Rancangan tabung udara dan pipa keluaran dilukiskan pada gambar 3.1.



Gambar 34 Rancangan Tabung Udara

Penggunaan tabung udara dapat memperbesar head output pompa buangan, karena dengan penggunaan tabung udara, air bertekanan naik

proses water hammer lebih dulu dikumulasi di dalam tabung udara sebelum disalurkan menuju delivery pipe. Selain itu, dari hasil pengamatan fluktuasi head output pompa juga lebih kecil dengan penggunaan tabung udara.

Akan tetapi, tidak selamanya volume tabung udara berbanding lurus dengan head output, penambahan volume tabung justru akan memperkecil head output. Hal itu di sebabkan karena pada tabung udara yang terlalu besar, akan terdapat ruangan udara yang justru akan menurunkan tekanan dalam tabung. Oleh karena itu, dapat ditafsirkan bahwa volume tabung udara yang optimum adalah ketika tabung udara dapat mengakumulasi air bertekanan sampai titik maksimum, tanpa terdorong ruangan udara di dalam tabung tersebut.

16. Implikasi Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian dapat kita untuk kita implikasikan perlu mempertimbangkan penggunaan sumber daya dengan menggunakan pompa hisap (pompa air tanpa motor). Adapun anggaran yang diperlukan untuk kegiatan tersebut dapat di lihat pada tabel berikut

TABEL 14 CONTOH DATA DAN PENGA

ANALISA DATA DAN PENGA							
1.	Tnd.	Gaber					
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
						=	[illegible]
2.	Tnd.	Jengkol					
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
						=	[illegible]
3.	Tnd.	Pengaruh pupuk					
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
							[illegible]
4.	Tnd.	Pengaruh [illegible]					
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
							[illegible]
5.	Tnd.	Pengaruh [illegible]					
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
		[illegible]	cl	[illegible]	[illegible]	=	[illegible]
							[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]

14	7 ad	[illegible]				
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
						[illegible]
15	7 ad	[illegible]				
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
						[illegible]
16	7 ad	[illegible]				
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
						[illegible]
17	7 ai	[illegible]				
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
						[illegible]
18	7 ai	[illegible]				
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
		1	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]
						[illegible]
19	7 ai	[illegible]	1	[illegible]	-	[illegible]

Tabel 15 Rekapitulasi RAB

No	[illegible]	[illegible]
A	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]
4	[illegible]	[illegible]
5	[illegible]	[illegible]
6	[illegible]	[illegible]
7	[illegible]	[illegible]
8	[illegible]	[illegible]
9	[illegible]	[illegible]
10	[illegible]	[illegible]
11	[illegible]	[illegible]
B	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]
3	[illegible]	[illegible]
4	[illegible]	[illegible]
C	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]
D	[illegible]	[illegible]
1	[illegible]	[illegible]
2	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

17. Analisis Manfaat Biaya dan Multiplier Effect

Manfaat utama proyek eco-drainase ini adalah memberikan kenyamanan dan keselamatan warga kota Makassar. Kota Makassar yang sebab banjir akan membuat warganya tidak perlu cemas lagi akan dampak buruk karena banjir. Lokasi bendung juga dapat menjadi sarana rekreasi warga kota Makassar. Walaupun demikian, diperkirakan bahwa akan ada manfaat finansial yang secara ekonomis, layak dikerjakan.

4.4.1. Pendapatan Pendapatan

Dari aspek finansial, ada empat sumber pendapatan utama yang dapat diperoleh dari pengadaan sistem drainase ini yaitu benue baku air bersih, pandir, tiket masuk dan sarana rekreasi.

a. Ranan baku air bersih

Proyek drainase IV akan menyediakan benue baku air bersih sepanjang tahun baik di musim hujan maupun di musim kemarau. Pendapatan penjualan benue baku air Rp. 1.900/M³ dengan pengandaian 1 keluarga menghabiskan air 1 M³ per hari dan memuaty 30% kebutuhan keluarga berarti dengan rata-rata penggunaan per hari 183.000/M³, ada potensi penjualan per hari (180.000 x 1.900) Rp. 342.000.000,-

b. Pandir

Bendung penyimpanan air dapat menjadi salah satu sarana rekreasi warga. Seperti juga ruang terbuka lainnya, akan dikunjungi oleh masyarakat dengan menggunakan kendaraan mereka. Diperkirakan bahwa lokasi bendung penampungan ini akan dikunjungi rata-rata 800 sepeda motor dan 300 mobil per hari. Jika pada parkir untuk motor dikenakan Rp.2.000 dan mobil Rp. 5.000,- maka ada potensi pangadasan Rp. 2.900.000,- per hari

c. Tiket masuk

Diandaikan taman pemerintah kota memungut biaya untuk masuk ke lokasi bersang pemandangan. Jika yang menggunakan motor dianggap ada dua orang dan mobil rata-rata empat orang, maka rata-rata dalam sehari ada rata-rata 2.000 pengunjung. Jika setiap pengunjung dikenakan tarif Rp. 5.000,- ada potensi pemasukan sebesar Rp. 14.000.000.

d. Sarana rekreasi

Dalam area bersang juga disediakan permainan-permainan yang sapat digunakan dengan membayar sejumlah uang untuk setiap jenis permainan. Sama seperti parkir dan tiket masuk, pemerintah kota juga sapat menyewa pula sarana permainan sebanyak rata-rata 2.000 unit per tahun. Perhitungan total pemerintah untuk keempat sarana tersebut per tahun ditampilkan dalam tabel 11 berikut

Tabel 16. Perhitungan total pendapatan per tahun

Tahun	Kolam renang	Parkir	Tiket masuk	Sewa sarana permainan	Total
2020	0	0	0	0	0
2021	1.257.000.000	1.134.000.000	1.008.648.000	880.010.000	4.302.400.000
2022	1.771.000.000	1.160.000.000	1.020.168.000	1.277.000.000	5.214.000.000
2023	2.209.000.000	1.186.000.000	1.176.000.000	1.173.000.000	5.745.000.000
2024	2.606.000.000	1.208.000.000	1.101.000.000	1.068.000.000	5.983.000.000
2025	2.740.000.000	1.230.000.000	1.101.000.000	1.040.000.000	6.111.000.000
2026	2.871.000.000	1.300.000.000	1.022.000.000	1.016.000.000	6.209.000.000
2027	2.999.000.000	1.300.000.000	1.022.000.000	1.000.000.000	6.321.000.000
2028	3.000.000.000	1.300.000.000	1.022.000.000	1.000.000.000	6.322.000.000
2029	3.000.000.000	1.400.000.000	1.000.000.000	1.000.000.000	6.400.000.000

2020	3.943.750.000	1.750.000.000	1.380.278.000	1.441.100.000	9.515.114.000
2021	3.734.875.000	1.750.000.000	1.358.134.000	1.440.377.000	9.283.386.000
2022	3.526.000.000	1.870.000.000	1.411.344.000	1.485.130.000	9.292.474.000
2023	3.316.125.000	1.947.000.000	1.465.694.000	1.530.000.000	9.258.819.000
2024	4.265.500.000	2.205.000.000	1.571.528.000	1.576.000.000	9.618.714.000
2025	4.174.375.000	2.400.000.000	1.630.999.000	1.623.700.000	9.829.074.000
2026	[illegible]	2.600.000.000	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Sumber : Hasil Simulasi

Berdasarkan asumsi bahwa setiap tiga tahun sekalian permintaan cukup berubah. Jasa parkir, Rel masuk dan sarana rekreasi akan berubah maka diperkirakan bahwa total pendapatan yang dapat diperoleh selama 15 tahun adalah Rp. 113.974.651.000

Dengan menggunakan dasar UMR, maka biaya maka pendapatan bersih diperkirakan sebagai berikut :

Tabel 17. Perincian biaya dan pendapatan bersih

Tahun	Pendapatan	Biaya	Pendapatan Bersih
2021			
2022	4.523.400.000	50.716.800	4.472.683.200
2023	4.574.624.400	58.427.200	4.516.197.200
2024	4.948.474.000	61.297.600	4.887.176.400
2025	5.153.400.000	68.148.000	5.085.341.000
2026	5.252.523.000	73.906.400	5.178.616.600
2027	5.345.400.000	75.758.400	5.269.731.000

2028	7.326.066.400	90.376.200	7.240.907.200
2029	7.843.323.000	91.365.600	7.751.330.400
2030	8.126.214.000	97.200.000	8.028.214.000
2031	8.363.999.600	103.510.400	8.260.489.200
2032	8.724.972.000	106.800.000	8.618.991.200
2033	8.988.084.000	114.811.200	8.873.272.800
2034	9.446.748.000	120.441.600	9.326.306.400
2035	9.729.499.000	129.252.000	9.600.247.000
2036	10.470.811.600	132.062.400	10.338.749.200
	113.374.527.000	1.276.844.000	112.097.683.000
TOTAL	4.540.000.000	1.276.844.000	3.263.156.000

Sumber : Hasil simulasi untuk pendapatan dengan situs tiga lahunan

Analisis Kelayakan Finansial

Setelah dilakukan penyusunan rencana cash flow, maka dapat dilakukan analisa kelayakan finansial dengan menggunakan NPV, BCR, IRR dengan payback period.

Net Present Value (NPV)

NPV digunakan dengan mendiskonto semua aliran kas ke nilai sekarang untuk membandingkan nilai netto. Jika nilainya lebih besar dari 0 (NPV > 0) maka proyek dinyatakan layak, jika lebih kecil dari nol (NPV < 0) maka proyek dinyatakan tidak layak. Hasil perhitungan NPV ditampilkan pada tabel 4.3. berikut.

Tabel 15. Perhitungan NPV

Tahun	Cash Flow	Discount Factor	Net Present Value
2021	-35.550.349.000		-35.550.349.000
2022	5.073.603.000	0,9662	5.070.213.773
2023	5.016.348.000	0,9335	4.683.013.551
2024	5.551.978.400	0,9018	4.781.186.228
2025	5.588.541.000	0,8686	4.853.048.541

2026	5.488.991.600	0,5428	4.187.487.117
2027	5.990.771.000	0,5000	4.131.582.642
2028	7.246.527.200	0,4607	3.339.753.357
2029	7.751.935.400	0,4218	3.343.108.647
2030	8.038.314.000	0,3853	3.096.166.933
2031	8.208.389.400	0,3510	2.733.387.197
2032	8.619.881.200	0,3198	2.617.795.619
2033	8.871.450.800	0,2908	2.580.470.856
2034	9.326.308.400	0,2633	2.394.337.018
2035	9.802.243.000	0,2388	2.340.588.134
2036	10.301.749.200	0,2154	2.425.031.752
	112.903.807.000		36.639.679.781
Nett Present Value tahun 2036			21.155.326.751

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.3, nampak bahwa NPV untuk proyek IV adalah Rp. 21.155.326.751,00 yang berarti lebih besar dari nol sehingga layak untuk dijalankan.

Benefit Cost Ratio (BCR)

Benefit Cost Ratio merupakan perbandingan antara manfaat financial dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk mempperoleh manfaat tersebut. Jika nilai BCR lebih besar dari 1 maka proyek layak namun jika lebih kecil dari 1 maka proyek tidak layak. Perhitungan BCR ditampilkan dalam tabel 4.4 berikut:

Tabel 18. Perhitungan Benefit Cost Ratio

Tahun	Pembiayaan	Biaya	Discount Factor	Laba Rugi	Cash Flow Sebelumnya
2021	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2022	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

2003	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2004	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2005	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2006	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2007	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2008	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2009	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2010	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2011	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2012	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2013	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2014	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2015	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2016	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil pada tabel 4.4, payback period capital cash flow sebagai berikut. NI = -2.987.494.578 dan F/10 = 865.543.937 maka

$$\text{Payback period} = \frac{-2.987.494.578}{-2.987.494.578 + 865.543.937}$$

= 9,77 atau paling pendek menjelang tahun ke-10 dalam hal ini tahun 2020

4.4.1. Analisis Kelayakan Sensitivitas

Jika terjadi pengeluaran biaya konstruksi sebesar 10% maka periode pembayaran kembali akan menjadi 12 tahun dan untuk proyek-proyek yang memberi manfaat non-finansial yang tinggi, pengeluaran tersebut tidak merubah arti dari tetap layak dilaksanakan.

4.4.2. Multiplier Effect

Multiplier effect dari proyek ini adalah kegiatan perekonomian yang tidak terganggu dengan adanya hujan yang menimbulkan genangan seperti

yang selama tetapi di jalan-jalan utama dalam lingkup Kota Makassar. Tidak tergenangnya jalan-jalan utama warga Makassar untuk tetap beraktivitas sehingga roda perekonomian tetap baik walaupun tentang puncak musim hujan. Biaya yang tinggi karena banjir dapat berupa dalam bakar bensin dan waktu yang harus dikeluarkan oleh mobil, rusaknya barang-barang berharga karena terendam air dan terganggunya mobilitas warga.

Bendung Ko-dra kao juga dapat menjadi sumber bahan baku air di musim kemarau. Kecuali saat ini, jika bukan musim kemarau, ada banyak keluarga yang kesulitan air sehingga harus membeli air atau antri di tempat-tempat penyediaan air PDAM Kota Makassar. Tentunya dalam baku air akan mengurangi kebergantungan pada sumber bahan baku air milik PDAM Kota Makassar sekarang ini.

Bendung dramaga juga dapat menciptakan lapangan kerja baru seperti tukang parkir, penjaga pintu masuk dan penjaga warung-warung.

BAB V
KESIMPULAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

a. Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan rumusan hasil penelitian terhadap permasalahan yang ada di kota makassar menyangkut analisis maka disimpulkan sebagai berikut :

a. Rancangan bendung penampungan sebagai sarana pengelolaan air untuk mencegah banjir dan penyediaan bahan baku air bersih layak untuk dibangun.
b. Rancangan prototipe dari rancangan penggunaan pompa air tanpa mesin pada tiga sungai yang melintasi kota makassar layak diimplementasikan.

b. Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan hasil kajian dan kesimpulan diatas maka kami merekomendasikan kepada pemerintah kota makassar sebagai berikut

a. Pemerintah kota Makassar harus membuat bendung penampungan sebagai sarana pengelolaan air untuk mencegah banjir dan penyediaan bahan baku air bersih sesuai dengan spesifikasi dan perhitungan yang telah dilakukan.
b. Pemerintah kota makassar mengadakan atau membuat prototipe dari rancangan penggunaan pompa air tanpa mesin guna menunjang pemanfaatan bangunan bendung.

DAFTAR PUSTAKA

American Society of Civil Engineers. 2013. American Society of Civil Engineers standard guidelines for the design, installation, operation and maintenance of urban subsurface drainage. Virginia. USA.

Andersen, C.B. & Thomsen, S. 2013. Investigation of impacts of Spatial Variability and Motion of Rainfall in Urban Drainage Modeling : in Giorgio Mannina : New Trends in Urban Drainage Modeling. Springer. Switzerland Hal. 397 – 401

Aziz, A.; Yusuf, H. & Zulkifli, F. 2016. Konservasi Air dan Model Pembuatan Sumur Resapan Air Hujan Di Kawasan Nonadenaya Kota Makassar Journal INTEK. 2016, Volume 3 (2): 87-93.

Badii, C.; Bellini, P.; Cenni, D.; Difino, A.; Nesi, P. & Paolucci, M. 2017. Analysis and assessment of a knowledge based smart city architecture providing service APIs. Future Generation Computer Systems 75 (2017) 14–29

Burt, C. 2014. Physical Infrastructure, dalam Brian Wahlin & Darell Zimbelman (Eds) : Canal Automation for Irrigation Systems. Hal 135-151. ASCE, Virginia - USA.

Butler, D. 2015. From Rainwater Harvesting to Rainwater Management Systems : in Giorgio Mannina : New Trends in Urban Drainage Modeling. Springer. Switzerland Hal. 3 – 9

Butler, D.; Digman, C.; Makropoulos, C. & Davies, J.W. 2018. Urban Drainage Fourth Edition Taylor & Francis. New York USA.

Chang, C. K. 2015. Applying the 3-layer approach to urban flood management. Disaster Prevention and Management Vol. 24 No. 3 Hal 290-305

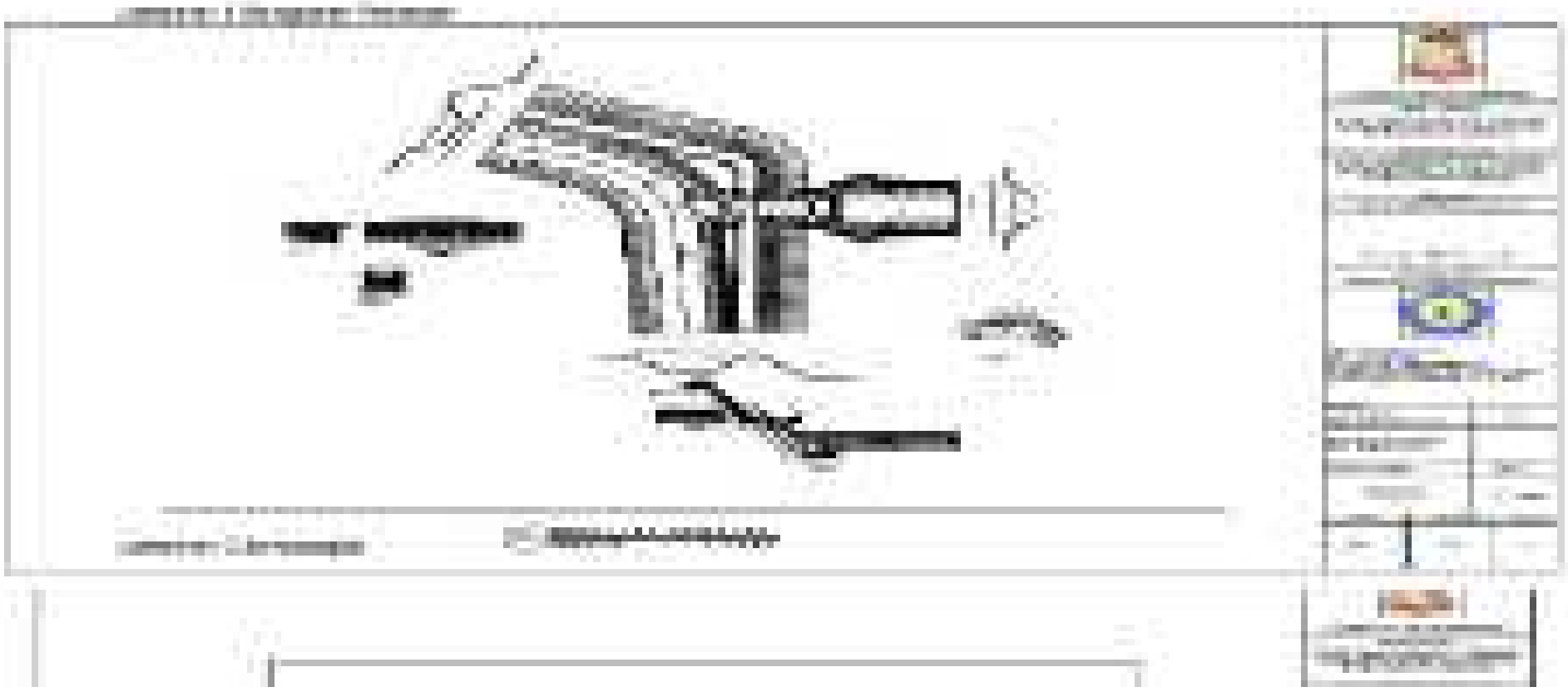
M. Parlore. "Pengolahan Air Laut Menjadi Air Inum." Kompasiana.com. 2017. [Online]. Available: https://www.kompasiana.com/purnomogutama/58f9b74e97b73b0bac8b4b81/pengolahan-air-laut-menjadi-air-minum.

Said Idaman Nusa, "Pengolahan Air Asin Atau Payau Dengan Sistem Osmosis Balik," 2013. [Online]. Available: http://www.ne.ai.bppt.go.id/bpa/AI/bin/ifu/ifu.html.

Hanisa Nida Khotla, "U.J STERILITAS DENGAN TEKNIK PENYARINGAN MEMBRAN," 2013. [Online]. Available: https://hanisanidakhotla2012.wordpress.com/2012/05/03/uj-sterilitas-dengan-teknik-penyaringan-membran/.

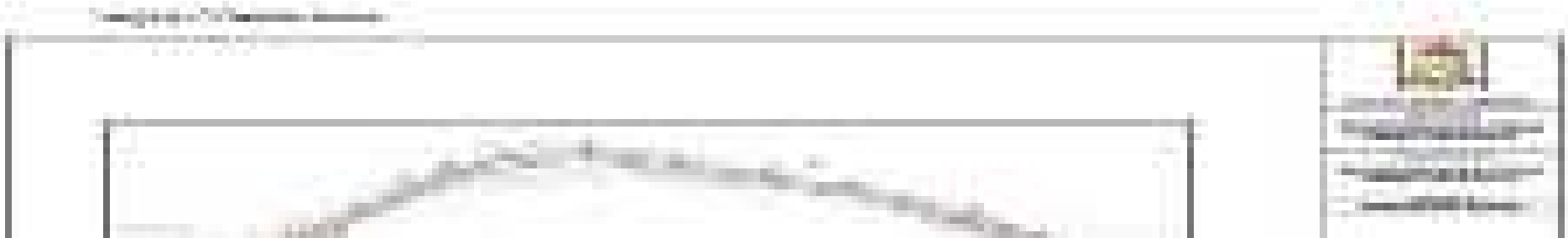
A. T. Sunto, "Pengertian Filtrasi (Penyaringan)," 2011 [Online]. Available: https://kimia-fy35.blogspot.com/2011/07/pengertian-filtrasi-penyaringan.html.

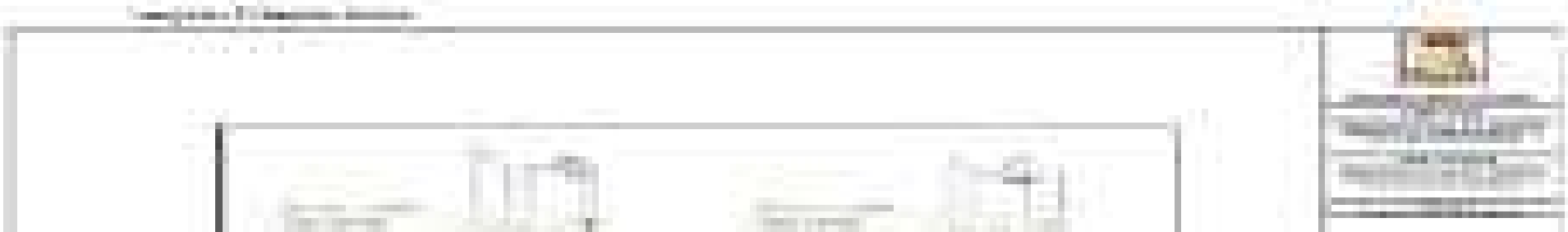
LAMPIRAN-LAMPIRAN

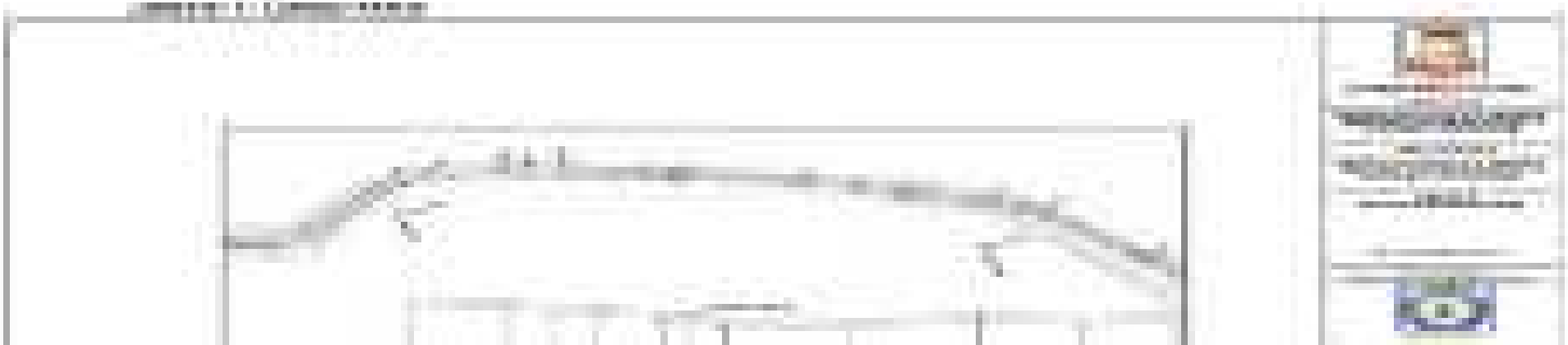


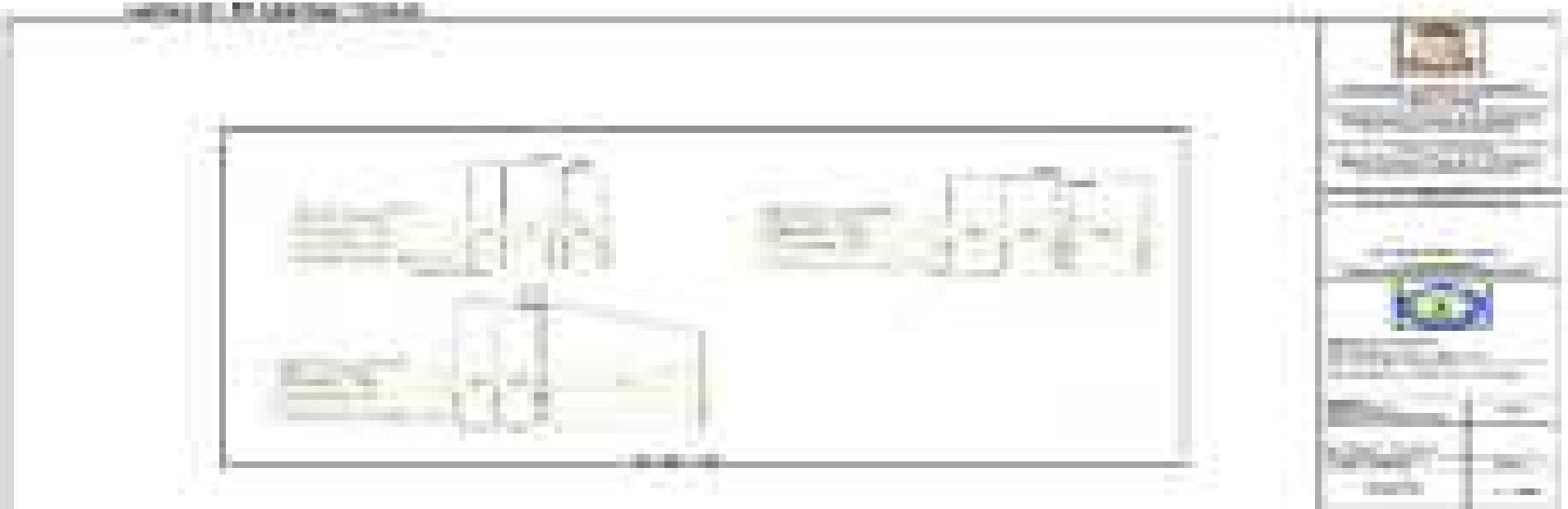
[redacted]

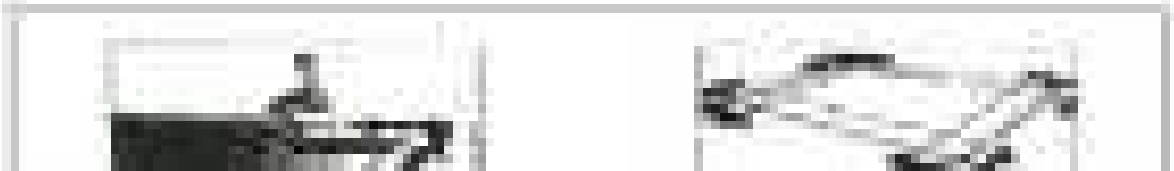
[redacted]

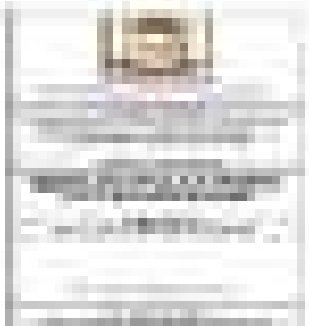


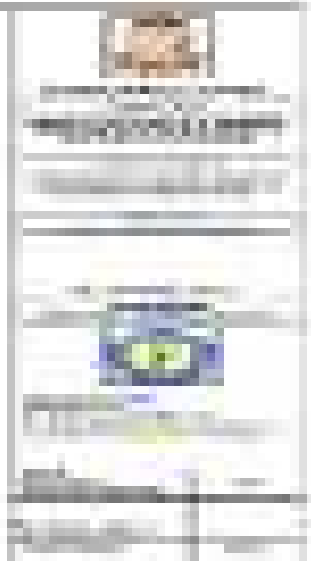


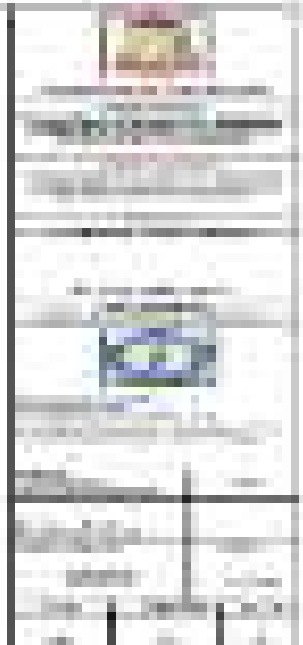


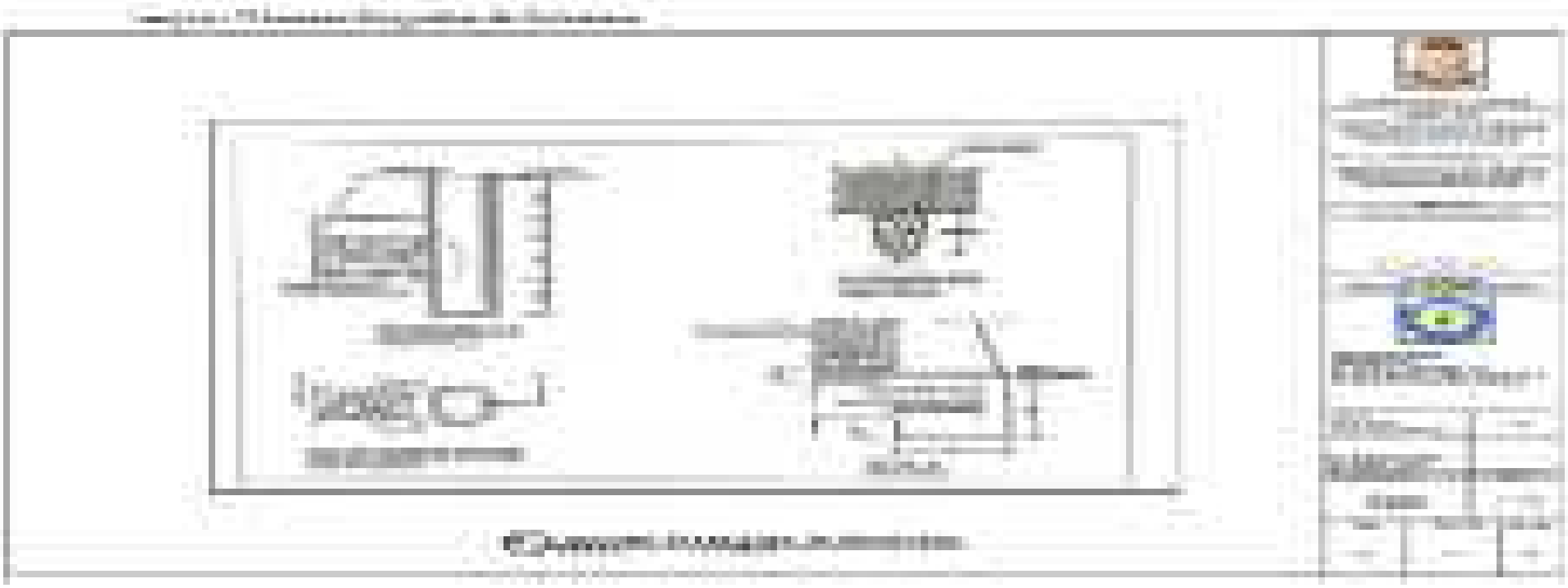


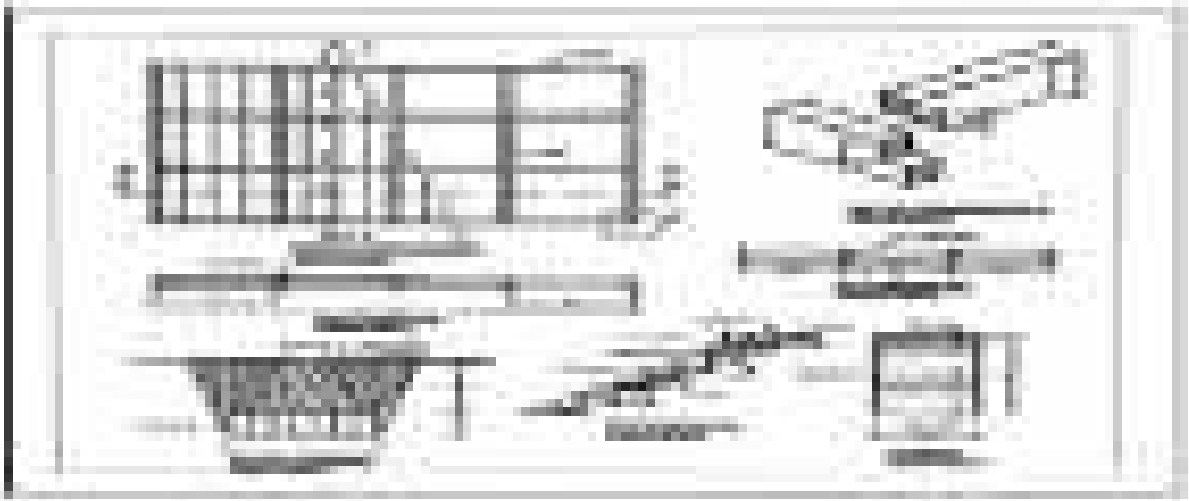


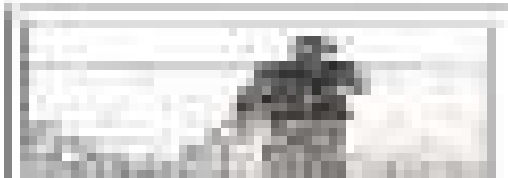


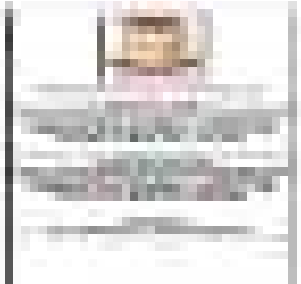


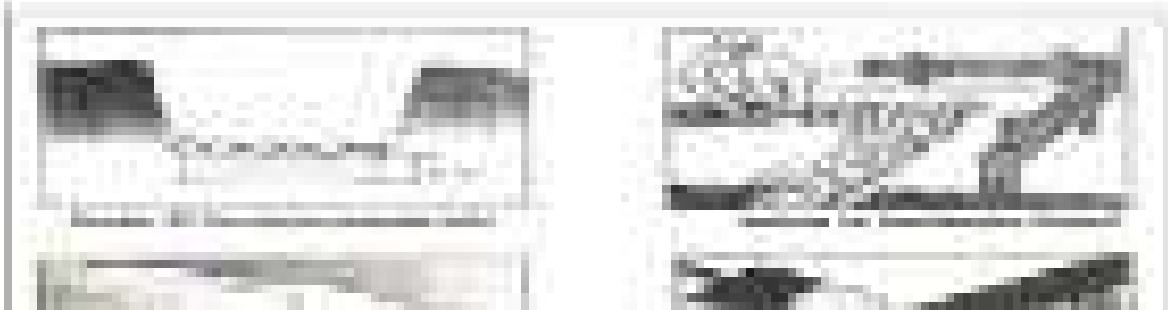


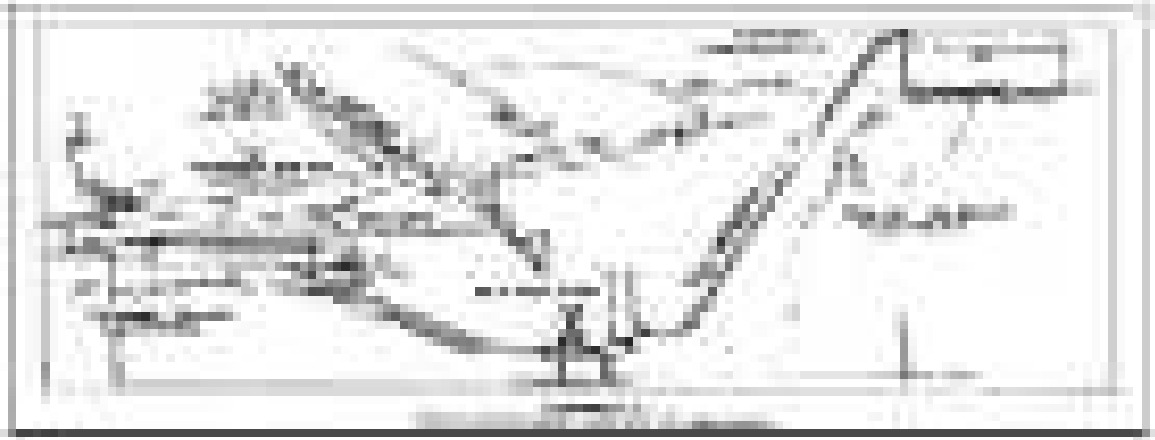


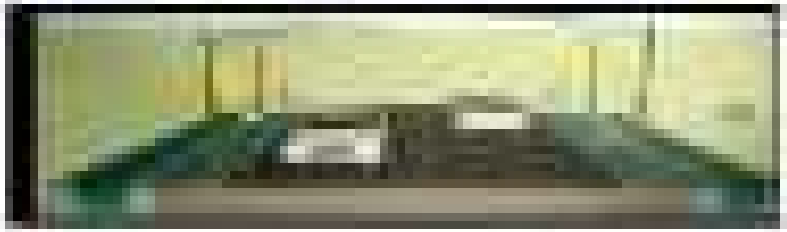


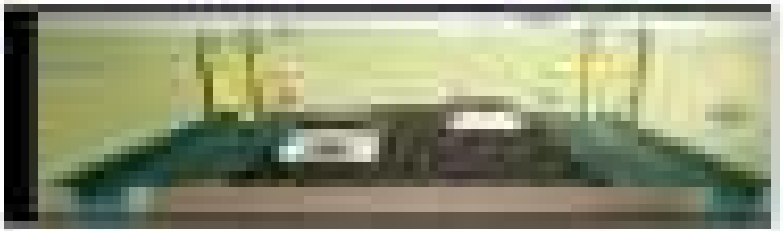


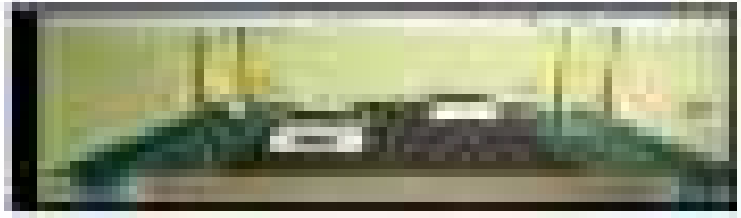












Lampiran 36 MOU Pernyataan Bersama UAJM

UNIVERSITAS ATMA JAYA MAKASSAR

YAYASAN PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN ATMA MAKASSAR

[illegible]

SURAT PERNYATAAN SELESAI PELAJARAN

Yang bertandatangan di bawah ini

Nama	Dr. Ir. Frisca Chandrika, M.Si
NIDN	[illegible]
Pangkat/Golongan	Pembina/IV/a
Jabatan Fungsional	Lektor Kepala

Dengan ini menyatakan bahwa penyusun saya dengan judul: **"Monitoring Produksi Tebangan Kayu Bermutu Berbasis Pengaplikasian Tenaga Kerja Tenaga Mesin Untuk Meningkatkan Pendapatan Usaha – PT Bukan Bisa Pancadana (ex Bumi)"** yang dimulai dalam dunia [illegible] untuk tahun anggaran 2020 **benar-benar original dan belum pernah dibuat dan tidak sedang dimuatkan** materi pembimbing dari sumber lain.

Demikian di sampaikan surat dibuatkan untuk dipergunakan dengan sebagaimana mestinya maka demikian dibuat dan dipakai untuk dengan [illegible] yang berlaku dan sungguh-sungguh [illegible] yang [illegible] dan [illegible].

Demikian permohonan ini [illegible] dengan sebagaimana [illegible] dengan [illegible] [illegible].

Makassar, 9 Juli 2020

Mengetahui,

Ketua [illegible] Makassar

Dr. Ir. Frisca Chandrika, M.Si

NIDN: [illegible]

Yang Menyatakan,

Dr. Ir. Frisca Chandrika, M.Si

NIDN: [illegible]

SURAT PERNYATAAN KESIBUKAN SEKSIONALS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya

Nama	: Johanes, ST
Tempat/Tanggal Lahir	: 40
Nama Office	: PT. Nan Jaya
Jabatan	: Direktur Utama
Alamat	: Jl. Sunadi No. 8
Nomor Hp	: 081341 1279

Dengan ini saya menyatakan bahwa saya [illegible] dengan Tesis Prodi Teknologi yang Dikomunikasikan.

Nama Kantor	Dr. Ir. Firdaus Chamzah, M.Sc
Nama Lembaga	Universitas Anna Gaz Valentine
Alamat	Jl. Tanjung Aring No.21
Nomor Hp	0341-[illegible]
Email	firdaus.kantor@ag.mail.com

dalam [illegible] Prodi Teknologi yang Dikomunikasikan [illegible] judul **"Efektivitas Produk Teknologi Eco-Bioenzyme Berbasisnanoaqua Air Tanah Water Untuk Menunjang Pertanggjawaban Covid-19 Dalam Hal Penyediaan Air Bersih"**

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan saya [illegible] dari pihak manapun.

Balikpapan, 3 Juli 2020

Yang membuat pernyataan

(Johanes, ST)

Lampiran 37 Biodata Peneliti

1. Ketua Pengusul
   A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Ir. Nelson Chamadda MSc
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP	196802171993121001
5	NIDN	0017021902
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Ujung Pandang, 17 Februari 1968
7	Alamat Rumah	Jl Cendrawasih II No 27 Makassar
8	No tlp Fax HP	0411-870350, 085100318811
9	Alamat Kantor	Jl Tanjung Alang No 23 Makassar
10	Nomor Tlp Fax	0411-870350, 0411-870284
11	Alamat Email	nelsonchamadda@gmail.com
12	Lulusan yang telah dihasilkan	S1 = 424 orang S2= orang S3= orang
13	Mata kuliah yang diampu	• Perencanaan Pelabuhan (295 75 2) • Sistem Transportasi & Rekayasa Lalu Lintas (324 75 3) • Rancangan Jalan Rel (418 75 2) • Perencanaan Bandar Udara (403 75 3) • Stabilitas & Pemeliharaan (203 17 2) • Metodologi Penelitian (403 75 2) • Perencanaan Jembatan (411 75 2) • Rekayasa Lalu Lintas Jalan (412 75 2) • Bandar Udara Wilayah & Kota (403 75 2)

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Hasanuddin	Universitas Hasanuddin	Universitas Hasanuddin
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Pantologi	Teknik Sipil
Tahun Masuk-Lulus	1983-1988	1997-1998	2010-2013
Judul Skripsi/ Thesis/ Disertasi	Pengaturan Topografi untuk Lalu Pembiasan Terminasi	Model Transportasi Untuk Pengembangan Wilayah Kota	Experimental study of permeable rigid pavement by using circular cross section aggregate as the surface layer of road
Nama Pembimbing/ Promotor	Dr. Ir. Pana Rahang, MEng Ir. Bastian Rasu, MS	Prof. Dr. Ir. Shady Wiraw, DEA Prof. Dr. Ir. Ramu Salah, MS	Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng Dr. Ir. Muhammad Rusdi, MT Dr. Ir. Sakaruddin Pakeddu, MS

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)

1	2014	Kajian Ekspansion Pantanlle [illegible] dengan menggunakan [illegible] [illegible] [illegible] pada [illegible]	DKRTI	40
2	2015	Tesis Laboratorium pantanlle [illegible] dengan menggunakan [illegible] pada [illegible] [illegible] [illegible]	DKRTI	15
3	2012	Tesis Pantanlle [illegible] menggunakan [illegible]	DKRTI	18
4	2010	Studi Pemanfaatan Tebal Pelimpahan Dangkal Tanah [illegible] Pada Pantanlle Makassar	LPPM UAM	7
5	2010	Pemanfaatan Dike Pipa Air Tanah Micro Hydro Pada Daerah Aliran Sungai	LPPM UAM	150
6	2012	Pembangunan Dermaga Bendung Kabupaten Bangga Kepulauan	PU Bangga	150
7	2016	pembangunan dermaga [illegible] dan [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] bangga	BAPEDA DAN DINAS PERHUBUNGAN SULTRA	150
8	2017	Kajian Pelabuhan [illegible] dan [illegible] transportasi laut di Kabupaten Wakatobi Sulawesi Tenggara	DINAS PERHUBUNGAN KABUPATEN WAKATOBI	150
9	2018	Strategi Pengembangan Moda Transportasi Berbasis Darat dan Laut (Dermaga Berbasis Darat dan Laut)	DKRTI HERAS SENTRA MAE	150
10	2019	Strategi Pengembangan Moda Transportasi Berbasis Darat dan Laut (Terminal Berbasis Darat dan Laut)	DINAS PRIVATISASI BULAW ZIE TENGGARA	150

D. Pengalaman Penyelenggaraan dalam 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2013	Sosialisasi Pemanfaatan Jaka Pipa Air Tanah Mikro Hidro Pada Daerah Aliran Sungai	LPPM UASU	250
2	2012	Sosialisasi Pembuatan Dokumen Sanitasi Kabupaten Singgih Kepulauan	PU Singgih	250
3	2016	Sosialisasi dan pemasangan data base rumahan dan konsolidasi aset pada revitalisasi sungai	BAPEDA ADAP DINAS PERMU SUNGAI SULTRA	500
4	2017	Sosialisasi Kawasan Pejalan kaki dan moda transportasi lain di Kabupaten Wakatobi Tahunan Singgih	DINAS PERMU SUNGAI KABUPATEN WAKATOBI	500
5	2018	Sosialisasi Strategi Pengembangan Moda Transportasi Berbasis Darat dan Laut (Daratan Berbasis Darat dan Laut)	DIRJI PERHUBUNGAN DARAT	500
6	2019	Sosialisasi Strategi Pengembangan Moda Transportasi Berbasis Darat dan Laut (Tumbuhan Berbasis Darat dan Laut)	DINAS PROVINSI SULAWESI TENGGARA	500

8. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 tahun terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor/ Tahun	Nama Jurnal
1	Test of microstructure porous asphalt pavement by using donuts stone (Quartzite Dolomite) as course aggregate on the surface layer of road.	ISSN: 1549-9602 EISC: 1557-1037	ERRA
2	Studi Tingkat Pelayanan Dan Dampak Dampak Pada Pelabuhan Tua-Dua	Volume 7, No. 1, Tahun 2010	Jurnal Teknik Prosiding
3	Pengujian Super Sprayer Polimer Yang II Modifikasi Baru Produksi Pabrik Pra Prosiding Kilometer Km	Volume 10, No. 2, Tahun 2011	Jurnal Teknik Prosiding
4	An Experimental Porous Asphalt Pavement Using Local Marginal Dynamic Stone On Quality Of Porous Asphalt	International Conference on Engineering and Technology Development 2010	ICETD
5	Experimental study of porous asphalt pavement by using donuts stone (Quartzite Dolomite) as course aggregate on the surface layer of road.	Volume 819, Tahun 2014	Advanced Material Research
6	Experimental Study On Porous Asphalt Pavement Used Donuts Stone (Quartzite Dolomite) as Course Aggregate for Surface Layer of Road Pavement	Advanced Materials Research 819,213-218,2014	Scopus
7	Test of Microstructure Porous Asphalt Pavement Used Donuts Stone (Quartzite Dolomite) As Course Aggregate for Surface Layer of Road Pavement	Proceeding Of The 7th International Seminar On Industrial Engineering Development (SNTI), 2014	SNTI

8	Kajian Eksperimental Dampak Campuran Air Hujan Terhadap Stabilitas Aspal Permanent (Studi Kasus Ruas Jalan Dr. Wahidin, Dalam Hutan Kota Makassar) (LITBAG)	Kendali 7 Congress CMS Sale 2014	CMS
9	International Journal of Engineering Science & Emerging Technology: The Effect of Flood Caused By Climate Change To Porous Asphalt Pavement	Elsevier Procedia CIB 2017	CIB
10	Comparative Strength of Permeable Asphalt Pavement Using Dolomite Stone, Quarrying Dolomite, and Sifting Natural Asphalt (BNA) Blend	International Journal of Engineering and Technology 8 (3), 235, 2016	IJEAT
11	Properties Porous Asphalt Used Quarrying Dolomite Stone with Buton Natural Asphalt after Leaching	Global Journal of Research In Engineering, 2016	GJORIE
12	Compare the Kerosin Between Model Laboratory test for Rural Pavement and Field Stress Software Analysis	Procedia engineering 171, 1177-1183, 2017	Elsevier - engrxiv
13	Laboratorium Testing Gradation and X-Ray Tomography to Properties Permeable Asphalt Pavement With Buton Rock Ash as Filler and Dolomite Stone as Coarse Aggregate	Elsevier Procedia CIB 2017	CIB
14	Compressive Strength testing model in dry and distilled water using variations of cement composition - IOPscience	AASEC IPN / ITB 2018	IOP JOURNAL/IC OPUS
15	Compressive Strength testing model in dry and distilled water using variations of cement composition - IOPscience	Volume 197 MATEC WEB OF CONFERENCES, 2018	IOP JOURNAL/IC OPUS

F. Pendaftar seminar Doktor (oral Presentation) dalam 5 tahun terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional	Pemanfaatan Inlet Pipa Air Terbuang Mikro Hidro Pada Desa Alas Gulaci	Juli 2009, Dept. PU Kota Makassar
2	Seminar Nasional	Studi Pemanfaatan Tebal Perkerasan Dengan Jenis Sampah Mg-Zeon Pada Perkerasan Perkota Makassar	Juni 2011, Dept. PU Kota Makassar
3	International conference	Comparative Strength of permeable asphalt pavement by using Sonora sand (Quartzite Dolomite) and Buton Natural Asphalt (BNA) Blend	Desember 2014, Bali
4	International seminar	Test measurement permeable asphalt pavement by using dolomite sand (Quartzite Dolomite) and Buton Natural Asphalt (BNA) Blend	Agustus 2012, Kobe
5	International seminar	An Experimental permeable asphalt pavement by using dolomite sand (Quartzite Dolomite) and Buton Natural Asphalt (BNA) Blend	Februari 2014, Bali, Papua
6	Konferensi Nasional	Climate change indicators for permeable asphalt pavement by using dolomite sand (Quartzite Dolomite) as multilayer net	Mei 2014, Bandung

G. Karya Ilmiah dalam 5 tahun terakhir

No	Jenis Penghargaan	Instansi Pemberi Penghargaan	Tha
1	Best Karya Penelitian Kategori prestasi Bid. Nilai-Nilai Juang 45	Kerja Dosen Pendidikan Generasi Pemuda Nilai Juang 45 (Gub. Prof. H. Andi Rosa)	2014

II. Pengalaman Profesional

No	Tahun	Nama proyek	Jabatan	Instansi
1	1992	Pemeliharaan Jaringan Jalan Lintas Lingkar Palu Sulawesi Tengah	Project Manager	Dinas Pekerjaan Umum (PU) Prov. Sulteng
2	1993	Pemeliharaan Jaringan Jalan Lintas Lingkar Palu Sulawesi Tengah	Project Manager	Dinas Pekerjaan Umum (PU) Prov. Sulteng
3	1994	Pemeliharaan Pemeliharaan Jalan Keliling Palu, Tahun Sulawesi Tengah	Project Manager	Dinas Pekerjaan Umum (PU) Prov. Sulteng
4	1995	Pemeliharaan Pemeliharaan Jalan Keliling Palu, Tahun Sulawesi Tengah	Project Manager	Dinas Pekerjaan Umum (PU) Prov. Sulteng
5	1996	Pemeliharaan pengawasan Konsultan Manajemen monitoring SPL, INP 21, Kab. Banggai Prov. Sulawesi Tengah	Team Leader (KMT Kab/Kota)	PT. Yodia Karya Grib Dinas Pekerjaan Umum Prov. Sulawesi Tengah
6	1997	Pemeliharaan pengawasan Konsultan Manajemen monitoring SPL, INP 21, Kab. Banggai Prov. Sulawesi	Team Leader (KMT Kab/Kota)	PT. Yodia Karya Grib Dinas Pekerjaan Umum Prov. Sulawesi Tengah
7	1998	Pemeliharaan Pengawasan Jalan Lingkar Palu Poso Banggai Kota Salakang	Team Leader	Dinas Pekerjaan Umum Prov. Sulawesi Tengah
8	1999	Pemeliharaan Pengawasan Jalan Kab. Luwu Kota Luwu Kota Tana, Kota Toli, Kota Buton, Kota Pagimas, Kab. Banggai Prov. Sulawesi Tengah	Project Manager	Dinas Pekerjaan Umum Prov. Sulawesi Tengah
9	2000	Pemeliharaan Monitor Plan.	Team	Bappeda Kab.

		Kota Baraga, Prov. Sulawesi Tengah	Leader	Baraga Kapuluan
10	2001	Pertemuan Mentor Ahli Kota Luwuk Prov. Sulawesi Tengah	Team Leader	Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
11	2002	Pertemuan Mentor Ahli Kota Palabu, Prov. Sulawesi Tengah	Team Leader	Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
12	2003	Pertemuan Mentor Ahli Kota Bulagi Prov. Sulawesi Tengah	Team Leader	Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
13	2004	Pendidikan pengembangan dan Pemanfaatan Sumber air Bersih di Kec. Bulagi	Team Leader	LPM Bekerja sama Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
14	2005	Pelaksanaan Rencana Aksi Dpa Air Bersih Desa Abui Bulagi Kab. Baraga Kapuluan	Team Leader	LPM Bekerja sama Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
15	2006	Identifikasi dan Penyusunan Program Air Bersih Pedasa Kec. Bulagi	Team Leader	LPM Bekerja sama Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
16	2007	Identifikasi dan Penyusunan Program Air Bersih Pedasa Kec. Bulagi Selatan dan Kec. Liraja	Team Leader	LPM Bekerja sama Bappeda Kab. Baraga Kapuluan
17	2008	Pendidikan Bangsa Untuk pembangkit kerik usaha Mikro Kabu di desa Nelaka Kec. Tenkorn Selatan Kab. Baraga Kapuluan	Team Leader	Dinas Perindustrian dan Energi Kab. Baraga Kapuluan
18	2009	Pendidikan Bangsa Untuk pembangkit kerik usaha Mikro Kabu di desa Lakangan Kec. Sulakang Kab. Baraga Kapuluan	Team Leader	Dinas Perindustrian dan Energi Kab. Baraga Kapuluan
19	2010	Pendidikan Bangsa Untuk pembangkit kerik usaha Mikro Kabu di desa Alimi Kec. Buko Kab. Baraga Kapuluan	Team Leader	Dinas Perindustrian dan Energi Kab. Baraga Kapuluan
20	2011	Pertemuan Mentor Ahli Dinamis Kota di Kota Sakiku Kab. Baraga Kapuluan Prov. Sulawesi	Team Leader	Dinas Pekerja Umum Kabupaten Baraga

		Tengah		Kepulauan
31.	2012	Pemanfaatan Nanite Metal Dioxide Kota di Kota Baggie Kab. Baggie Kepulauan Riau, Sulawesi Tengah	Tesis Lanjut	Dinas Pekerja Umum Kabupaten Baggie Kepulauan
32	2012	Test Laboratorium Pervious Permanent aspal menggunakan Air Saluran Pati, sebagai Filter dan Bahan tambah plastik polikarbon Chloride	Kasus Penelitti	Dikti Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan
33	2013	Test fatigue dan Xray tomography permeable aspal permanen menggunakan bata dasaria sebagai course aggregate	Kasus Penelitti	Dikti Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan
34	2013	Pemanfaatan Jalinan Tekniik Perkerasan Bandara Lawuki di Kabupaten Lawuki	Tesis Lanjut	Bapeda Kabupaten Lawuki Provinsi Sulawesi Tengah
35	2014	Test permeability dan Xray tomography permeable aspal permanen menggunakan bata dasaria sebagai course aggregate	Kasus Penelitti	Dikti Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan
36	2014	Pemanfaatan Marine Pilar Kota Solidan Ibu Kota Kabupaten Baggie Kepulauan Provinsi Sulawesi Tengah	Tesis Lanjut	Bappeda Kabupaten Baggie Kepulauan
37	2014	Pemanfaatan Terminal Kabupaten Baggie Kepulauan Sulawesi Tengah	Tesis Lanjut	Dinas Perhubungan dan Pariwisata Kabupaten Baggie Kepulauan

28	2017	Pemeliharaan DLLAJ, DLAP Pelabuhan Penyeberangan Provinsi Sulawesi Selatan	Tenaga Lembur	Dirjen Perhubungan Laut RI
29	2017	Pemeliharaan Bangunan Lainnya Pelabuhan (RLP) Kota Biak di Biak Papua	Tenaga Lembur	Dirjen Perhubungan Laut RI
30	2017	Pemeliharaan Bangunan Lainnya Pelabuhan (RLP) Morowali Kota Mbelia Sulawesi Tengah	Tenaga Lembur	Dirjen Perhubungan Laut RI
31	2018	Pemeliharaan AMDAL Pelabuhan Kota Ampana Kabupaten Ampana Provinsi Sulawesi Tengah	Tenaga Lembur	Dirjen Perhubungan Laut RI
32	2018	Pemeliharaan Rumah Tangga di Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara	Tenaga Lembur	Pemda Kabupaten Buton Utara Provinsi Sulawesi Tenggara

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 6 Juli 2020

Pengusul,

Dr. Ir. Firdaus Chamsudin, MSc.
NIP/NK 196302190102