

KAJIAN RANCANGAN IRIGASI PIPA SISTEM GRAVITASI

STUDY OF GRAVITATION PIPELINE IRRIGATION DESIGN

Oleh :

Wildan Herwindo *)✉, Dadan Rahmandani *)

*)Balai Irigasi, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Badan Litbang PU

Jl. Cut Meutia Kotak Pos 147 Bekasi 17113

✉Komunikasi penulis, email : herwindowildan@gmail.com, dadan_wong@yahoo.co.id

Naskah ini diterima pada 27 Agustus 2013; revisi pada 3 September 2013;

disetujui untuk dipublikasikan pada 23 September 2013

ABSTRACT

Pipeline irrigation is an alternative in application of irrigation technology that theoretically has a higher efficiency than open channel irrigation. In application, a highly irrigation efficiency can only be achieved if pipeline irrigation designed and operated properly. Laboratory test shows that to dissolve sediment, flow velocity in pipe is recommended at least 0.5 m/sec. The result shows that on farm scale pipeline irrigation using gravitation in Cikurubuk, Buahdua Sub District, Sumedang District needs to pay attention to: (i) capturing consists of 3 (three) parts of the sediment trap, intake, and safety (strainer and overflow), (ii) intake discharge, water quality, and operation system (iii) pipeline system consisting primary, secondary, and tertiary must take into pipe depth, pipe fittings, and thrust block, (iv) complementary component of the pipeline irrigation system aims to keep it functioning properly. Complementary components consists of valve and drain valves, air vent, pressure gauge, water meter, and pressure release.

Keywords: laboratory, sediment, pipeline irrigation system, gravitation

ABSTRAK

Irigasi pipa merupakan salah satu alternatif teknologi aplikasi irigasi yang secara teoritis mempunyai efisiensi lebih tinggi dibanding irigasi dengan saluran terbuka. Dalam penerapan di lapangan, efisiensi irigasi yang tinggi dapat dicapai apabila jaringan irigasi pipa dirancang dengan benar dan dioperasikan secara tepat. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan untuk melarutkan sedimen dalam pipa kecepatan aliran disarankan minimal 0,5 m/detik. Hasil penerapan jaringan irigasi pipa skala hamparan petani secara gravitasi yang diterapkan di Desa Cikurubuk, Kecamatan Buahdua, Kabupaten Sumedang menunjukkan bahwa rancangan jaringan irigasi pipa di lapangan khususnya pada skala hamparan petani, perlu memperhatikan : (i) bangunan pengumpul yang terdiri dari 3 (tiga) bagian yaitu bangunan pengendap, bangunan pengambilan, dan bangunan pengaman (saringan dan pelimpah) (ii) debit pengambilan, kualitas air, dan sistem operasi jaringan, (iii) saluran pipa yang terdiri dari pipa primer, sekunder, dan tersier harus memperhitungkan penanaman pipa, sambungan pipa, dan bangunan penguat, (iv) komponen pelengkap pada sistem jaringan irigasi pipa bertujuan menjaga sistem jaringan agar tetap berfungsi dengan baik. Komponen pelengkap terdiri dari katup pengatur dan katup penguras, pelepas udara, pengukur tekanan, meteran air, dan bangunan pelepas tekan.

Kata Kunci: laboratorium, sedimen, jaringan irigasi pipa, gravitasi

I. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang terjadi saat ini menyebabkan kondisi permintaan air terus meningkat, sehingga secara alamiah akan terjadi kompetisi penggunaan air antar sektor (pertanian, air minum, domestik, dan industri), antar wilayah, dan antar waktu. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka pemanfaatan air yang efektif dan efisien mutlak diperlukan.

Sebagian besar irigasi yang menggunakan metode irigasi permukaan, pemakaian saluran terbuka sebagai sarana pembawa air masih lazim digunakan, termasuk di Indonesia. Kendala irigasi menggunakan saluran terbuka yaitu kehilangan air di saluran yang besar (efisiensi penyaluran maksimal 60%) dan kualitas air dalam penyaluran kurang terjaga, sehingga kebutuhan air irigasi yang tepat jumlah dan tepat mutu tidak dapat terpenuhi. Untuk itu di masa mendatang diperlukan teknologi irigasi yang efisien dalam jumlah dan mutu serta mudah dalam operasi maupun pemeliharannya.

Irigasi pipa merupakan salah satu alternatif teknologi irigasi yang memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan irigasi saluran terbuka. Keuntungan tersebut diantaranya adalah air hanya diambil atau digunakan pada saat diperlukan, jumlah pemberian air mudah diukur dan dikontrol, kualitas air dalam penyaluran tidak tercemar, kehilangan air karena rembesan dapat dihilangkan, evaporasi sewaktu penyaluran dapat diperkecil, serta mudah dalam operasi dan pemeliharaan. Oleh karena itu, teknologi ini sangat tepat apabila diterapkan pada daerah-daerah yang mempunyai permasalahan dalam efisiensi air irigasi sehingga memerlukan teknologi irigasi yang hemat air.

Salah satu irigasi pipa yang diterapkan adalah di Dusun Cilumping, Desa Cikurubuk, Kecamatan Buah Dua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat ($6^{\circ} 43' 36.42''$ Lintang Selatan dan $107^{\circ} 56' 12.57''$ Bujur Timur), pada lokasi ini lahannya memiliki perbedaan ketinggian sebesar 50 meter untuk jarak 800 meter sehingga air irigasi pipa mengalir secara gravitasi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji efektivitas desain irigasi pipa yang telah diterapkan di lapangan serta menguji kinerjanya di lapangan dan Laboratorium Hidrolika Balai Irigasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Irigasi Pipa

Irigasi pipa merupakan salah satu alternatif teknologi aplikasi irigasi, yang secara teoritis mempunyai efisiensi irigasi lebih tinggi dibanding irigasi permukaan dengan saluran terbuka. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan aliran pada saluran pipa adalah adanya permukaan bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka. Perbedaan yang lainnya adalah saluran terbuka mempunyai kedalaman air (y), sedangkan pada aliran dalam pipa, kedalaman air tersebut ditransformasikan berupa tinggi tekanan (P/y). Oleh karena itu konsep analisis aliran pada pipa harus dalam kondisi pipa terisi penuh dengan air (Triatmojo, 1996)

Perencanaan sistem distribusi air pada jaringan pipa umumnya didasarkan pada 2 (dua) faktor utama yaitu kebutuhan air dan tekanan. Kebutuhan air menentukan ukuran dan tipe sistem distribusi yang diinginkan pada suatu jaringan. Tekanan menjadi penting karena tekanan rendah akan mengakibatkan masalah dalam distribusi jaringan pipa, namun bila tekanan besar akan memperbesar kehilangan energi. (Triatmojo, 1996). Salah satu gangguan atau hambatan yang sering terjadi dan tidak dapat diabaikan pada aliran air yang menggunakan pipa adalah kehilangan energi akibat gesekan dan perubahan penampang atau pada tikungan serta gangguan-gangguan lain yang mengganggu aliran normal. Hal ini menyebabkan aliran air semakin lemah dan mengecil.

Sistem operasi irigasi pipa apabila ditinjau dari sumber tenaga penggeraknya dibagi menjadi tiga bagian sebagai berikut : (i) Sistem gravitasi, yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke lahan pertanian dengan cara memanfaatkan energi potensial yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi lahan pertanian. (ii) Sistem pompa, yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke lahan pertanian dengan cara memberikan energi kinetik pada aliran air sehingga air dari sumber dapat mencapai lokasi lahan pertanian yang lebih tinggi. (iii) Sistem gabungan, yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara

menggabungkan dua sistem transmisi yaitu penggunaan sistem gravitasi dan sistem pompa.

2.2 Komponen Irigasi Pipa

Komponen irigasi pipa sistem gravitasi terdiri dari sumber air, bangunan pengumpul debit, saluran pipa, dan komponen pelengkap.

Sumber air irigasi pipa dapat berasal dari air tanah atau air permukaan. Air permukaan adalah sumber air yang terdapat pada permukaan bumi, contoh sumber air permukaan adalah air sungai. Sedangkan air tanah adalah sumber air yang terjadi melalui proses peresapan air permukaan ke dalam tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang baik karena zat – zat pencemar air tertahan oleh lapisan tanah.

Bangunan pengumpul merupakan unit bagian awal pada sistem jaringan irigasi pipa, yang berfungsi sebagai penangkap/pengumpul aliran air, disamping itu bangunan ini berfungsi untuk menstabilkan tekanan air sebelum masuk ke pipa utama/primer sehingga tekanan air yang akan melalui pipa primer tetap stabil. Bangunan pengumpul dibagi menjadi tiga bagian yaitu : bangunan pengendap, bangunan pengambilan/*intake*, dan bangunan pengaman (saringan dan pelimpah).

Berdasarkan cara pengalirannya, saluran pipa dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : (i) Pipa primer, membawa air dari *intake* pengambilan ke pipa sekunder dan ke petak-petak tersier yang diiri. Batas ujung pipa primer adalah pada pipa percabangan pipa primer dan sekunder atau pipa tersier yang terakhir; (ii) Pipa sekunder, membawa air dari pipa primer ke petak-petak tersier yang dilayani oleh pipa sekunder tersebut. Batas ujung pipa sekunder adalah pada pipa percabangan pipa sekunder dan pipa tersier terakhir; (iii) Pipa tersier, membawa air dari pipa percabangan pipa sekunder melalui outlet ke sawah – sawah.

Komponen pelengkap yang ada pada sistem jaringan irigasi pipa antara lain katup/kran (pengatur dan penguras), pelepas udara (*air vent*), pengukur tekanan (*pressure gauge*), meteran air (*water meter*), dan bangunan pelepas tekan. Katup berfungsi untuk melakukan pemisahan/melokalisasi suatu blok pelayanan/jalur tertentu yang sangat berguna pada saat perawatan. Biasanya katup/kran dipasang pada setiap percabangan pipa, selain itu perlengkapan ini

biasa dipasang sebelum dan sesudah jembatan pipa, siphon, dan persilangan jalan. Pelepas udara (*air vent*) berfungsi untuk melepaskan udara yang terperangkap dalam pipa sehingga dapat mengganggu jalannya air dalam pipa. Pelepas udara ini biasanya diletakkan pada tempat-tempat di titik-titik yang tertinggi dan di hilir tempat terjadinya olakan, misalnya di hilir belokan tajam. Bangunan pelepas tekan dibuat untuk menghindari tekanan yang tinggi, sehingga tidak akan merusak sistem pipa yang ada. Idealnya bangunan ini dibuat apabila mempunyai beda tinggi maksimal 60-70 m, namun kadang sampai beda tinggi 100 m tergantung dari kualitas pipa yang dipakai. Bangunan ini dibuat di tempat di mana tekanan tertinggi mungkin terjadi pada jalur pipa.

2.3 Hidrolika Irigasi Pipa

Sistem irigasi pipa gravitasi merupakan sistem pengaliran air dari sumber ke lahan pertanian dengan cara memanfaatkan energi potensial yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi lahan pertanian. Pada irigasi pipa, air dialirkan melalui suatu jaringan pipa, yang biasanya terdiri dari pipa primer (utama), pipa sekunder, dan pipa tersier, untuk selanjutnya dikeluarkan melalui oncoran/*outlet* ke tiap petakan sawah.

Aliran air dalam pipa-pipa tersebut akan menimbulkan gaya yang bekerja pada dinding pipa sebelah dalam. Gaya tersebut terdiri dari : (i) gaya statis, yang selalu terdapat pada dinding pipa meskipun air tidak mengalir, dan (ii) tegangan geser, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerakan air sebagai akibat dari energi kinetis. Tegangan geser yang bekerja pada dinding pipa menimbulkan gesekan pada permukaan itu. Selama mengalir di dalam pipa, aliran akan kehilangan tekanan sama besar dengan yang digunakan untuk mengatasi gesekan tersebut. Perhitungan tekanan yang hilang akibat gesekan sangat ditentukan oleh karakteristik aliran sepanjang pipa (Sumarna, 1997).

Aliran air dalam pipa pada dasarnya terbagi dalam dua karakteristik aliran, yaitu aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar dimana bagian-bagian elementer dari cairan bergerak teratur mengikuti garis-garis kontinyu dan menempati tempat yang relatif sama pada penampang-penampang yang beraturan, sedangkan pada aliran turbulen elementer dari

cairan tersebut bergerak tidak teratur dan menempati tempat yang berlainan pada penampang berikutnya.

Untuk menentukan suatu aliran laminer atau turbulen, Osborne Reynolds memperkenalkan bilangan tidak berdimensi yang merupakan fungsi dari kecepatan aliran, diameter saluran, massa jenis cairan dan viskositasnya. Pada pipa silinder persamaan bilangan Reynold (Re) berbentuk :

$$Re = VD\rho / \mu, \text{ atau } Re = VD / \nu \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- V = kecepatan aliran (m/det)
- D = diameter dalam pipa (mm)
- ρ = kerapatan cairan (kg/m³)
- μ = kekentalan dinamis (kg/det m)
- ν = viskositas kinematik (m²/det)

Energi yang terkandung pada suatu elemen cairan yang mengalir di dalam pipa merupakan fungsi dari ketinggian (elevasi), kecepatan dan tekanan. Sementara air melalui pipa, sebagian dari energi mekanis berubah menjadi energi panas karena adanya gesekan-gesekan, viskositas dan karakter aliran. Dalam berbagai aliran, garis enersi akan menurun secara perlahan oleh berbagai tahanan gesekan dan akan menurun tajam dengan seketika bila ada perubahan penampang aliran, misalnya karena perubahan penampang yang tiba-tiba. Garis enersi hanya akan naik jika ada penambahan enersi sebagai kerja, misalnya dari pompa. Garis hidrolika secara perlahan mengikuti perilaku garis enersi, tergantung pada adanya kehilangan-kehilangan atau pemindahan kerja dan garis hidrolika juga akan naik atau turun jika kecepatan aliran naik atau menurun (Sumarna, 1997).

Kehilangan energi akibat gesekan aliran dengan dinding pipa telah banyak diselidiki, di antaranya oleh Darcy-Weisbach yang mendapatkan persamaan seperti berikut :

$$hf = f \frac{L V^2}{2gd} \dots\dots\dots (2)$$

Karena hf dan V²/2g mempunyai suatu dimensi yang sama, sedang L dan d menyatakan panjang dan diameter pipa sehingga L/d merupakan angka perbandingan tanpa dimensi, maka f merupakan bilangan tidak berdimensi (Anomyous 1965; Sisson dan Pitts 1972; Vennard 1962, dalam Sumarna, 1997). Bila pipa-pipa disusun secara seri, maka total kehilangan energinya merupakan

jumlah kehilangan energi dari masing-masing pipa. Apabila pipa disusun secara paralel, maka persamaannya dibuat untuk tiap cabang pipa.

Blassius menyatakan, bahwa faktor gesekan merupakan fungsi dari bilangan Reynolds dan parameter kekasaran pipa (e/D) (Jensen 1980; Sisson dan Pitts 1972; Vernnard 1962), untuk pipa licin dimana faktor kekasaran pipa (e) dapat diabaikan, maka didapatkan harga batas faktor gesekan untuk aliran laminer adalah $f = 64/Re$.

2.4 Sedimentasi pada Jaringan Irigasi

Mekanisme angkutan sedimen dalam aliran air menurut venoni (1977) dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu material dasar (*bed load*) dan sedimen layang (*suspended load*). Angkutan sedimen dasar adalah angkutan sedimen dengan gerakan partikel yang selalu bergerak dan berada dekat dengan dasar saluran dengan cara menggelinding, menggelincir dan meloncat. Sedimen layang adalah angkutan sedimen dengan gerakan partikel selalu ikut bersamaan dengan aliran air. Pengendapan partikel sedimen cenderung secara berkelanjutan dengan gerakan diffusive pada bidang aliran turbulensi.

Banyak sekali persamaan (rumus) untuk menghitung angkutan sedimen. Tetapi tidak ada satu rumuspun yang dapat diaplikasikan secara umum untuk semua kondisi. Oleh karena itu hasil perhitungan dengan rumus yang ada harus dilakukan pengecekan dengan data hasil pengukuran langsung di lapangan.

2.5 Alat Ukur Debit

Referensi pengukuran debit hidrolis menggunakan *Standard Suppressed Rectangulator Weir (Rechbock)* dan bentuk segitiga 90⁰ (thompson), JIS I&D No.70-1981, serta SNI 03-6455-2000.

- Rechbock

$$Q = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (3)$$

$$\mu = 0,615 \left[1 + \frac{1}{H + 1,6} \right] \left[1 + 0,5 \left(\frac{H}{H + D} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

Q (m³/det), L: lebar ambang (m); H: beda elevasi antara ambang dengan muka air pada *weir pool*

(m), μ : koefisien debit, D: jarak dari ambang ke dasar *approach channel* (mm), H: head

- Thompson

$$Q = cH^{3/2} \dots\dots\dots (5)$$

$$c = 1,354 + \frac{0,004}{H} + \left[0,14 \frac{0,2}{\sqrt{H_d}} \right] \left[\frac{H}{B} - 0,09 \right]^2 \dots\dots(6)$$

Keterangan:

Q: debit (m³/det), C: koefisien pengaliran, B: lebar ambang (m), H: tinggi limpasan, E: angka koreksi, g: gaya gravitasi, Hd: tinggi ambang

III. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu untuk penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dan di lapangan sebagai berikut :

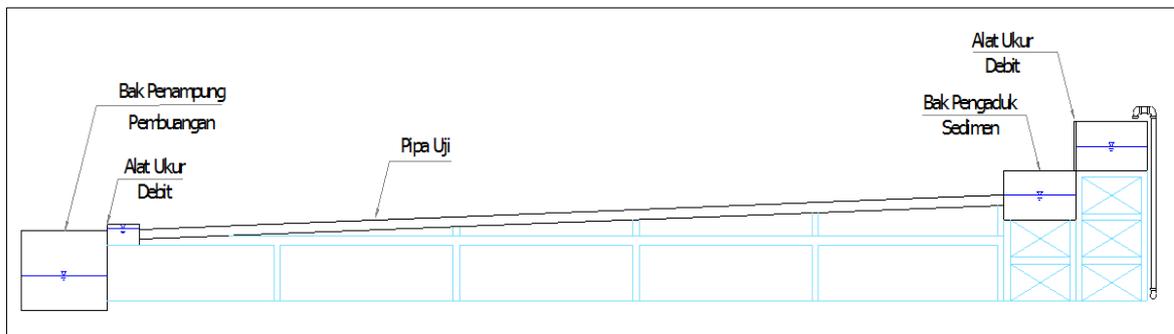
3.1 Laboratorium

Kegiatan penelitian laboratorium, dilakukan di Laboratorium Hidrolika Balai Irigasi, Pusat

Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum. Pengujian skala laboratorium ini bertujuan untuk memudahkan proses pengambilan data pada penelitian. Model aliran dalam pipa *Polyvinylchloride* (PVC) dibuat sedemikian rupa untuk mensimulasi aliran kontinu yang terjadi agar sama seperti aliran dalam pipa irigasi yang terjadi pada keadaan sesungguhnya di lapangan.

a. Simulasi Sedimentasi

Pengujian simulasi sedimentasi yang terjadi pada pipa dilakukan untuk pipa PVC dengan diameter 3", 4", dan 6" dengan panjang bentang 30 m (Gambar 1). Pipa uji dipasang pada saluran kaca dan lurus searah aliran air. Pada bagian hulu pipa uji terdapat bak dengan ukuran luas 90 cm x 170 cm dan tinggi 90 cm yang berfungsi untuk mencampur/mengaduk sedimen. Sedangkan pada bagian hilir pipa uji terdapat bak berukuran luas 100 cm x 450 cm dengan tinggi 100 cm yang berfungsi sebagai penampung sedimen yang lolos dari pipa uji.



Gambar 1 Sketsa pengujian simulasi sedimentasi

Sedimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah sedimen simulator yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat menyerupai sedimen yang ada di lapangan. Ukuran sedimen yang dipakai adalah sedimen yang mempunyai diameter butiran < 0,088 mm, atau yang lolos ayakan no.140 (merujuk pada Kriteria Perencanaan Irigasi-03).

Debit aliran dengan kekeruhan tertentu (sesuai dengan kondisi lapangan) dialirkan dari debit yang paling rendah sehingga diperoleh kondisi sedimentasi di dalam pipa minimum, dengan kondisi aliran pipa penuh. Pengambilan data

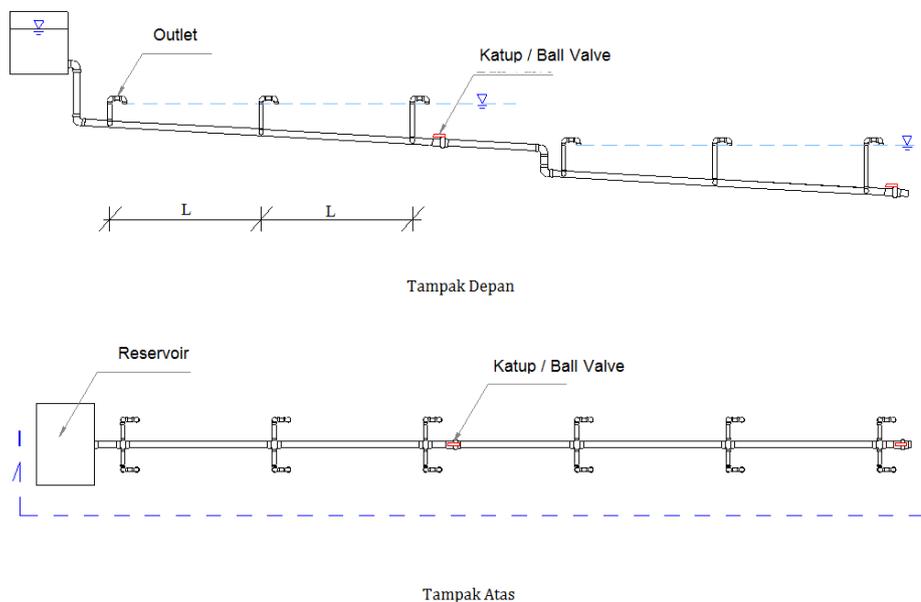
dilakukan di hulu dan di hilir pipa uji. Parameter yang diamati adalah debit aliran dan pengendapan sedimen sepanjang pipa uji. Pengukuran debit aliran menggunakan alat ukur debit (*Thompson* dan *Rechbock*) yang diletakan di hulu dan hilir pipa uji, sedangkan sedimentasi diketahui dari volume sedimen yang mengendap dalam pipa.

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa menggunakan rumus *kontinuitas* dengan menganggap bahwa kecepatan aliran dalam pipa adalah fungsi dari debit (Q) dan luas penampang (A).

b. Pengujian Debit pada Outlet Petakan Sawah

Pengujian debit pada *outlet* petak sawah dilakukan menggunakan simulasi yang menggambarkan keadaan aliran air sesungguhnya di lapangan (Gambar 2). Pipa tersier menggunakan pipa PVC berdiameter 4", sedangkan diameter pipa *outlet* menggunakan tiga diameter yang

berbeda, yaitu diameter 2", 2,5" dan 3". Jarak *outlet* dilakukan dari jarak terpendek sampai mendapatkan jarak maksimum dengan penyebaran debit masih dalam batas toleransi. Elevasi *outlet* petak sawah untuk operasi yang sama dibuat satu level, sedangkan jarak *outlet* terpendek mengacu pada jarak petakan sawah yang ideal ± 30 m, begitu pula dengan luas layanan petakan sawah dianggap sama.



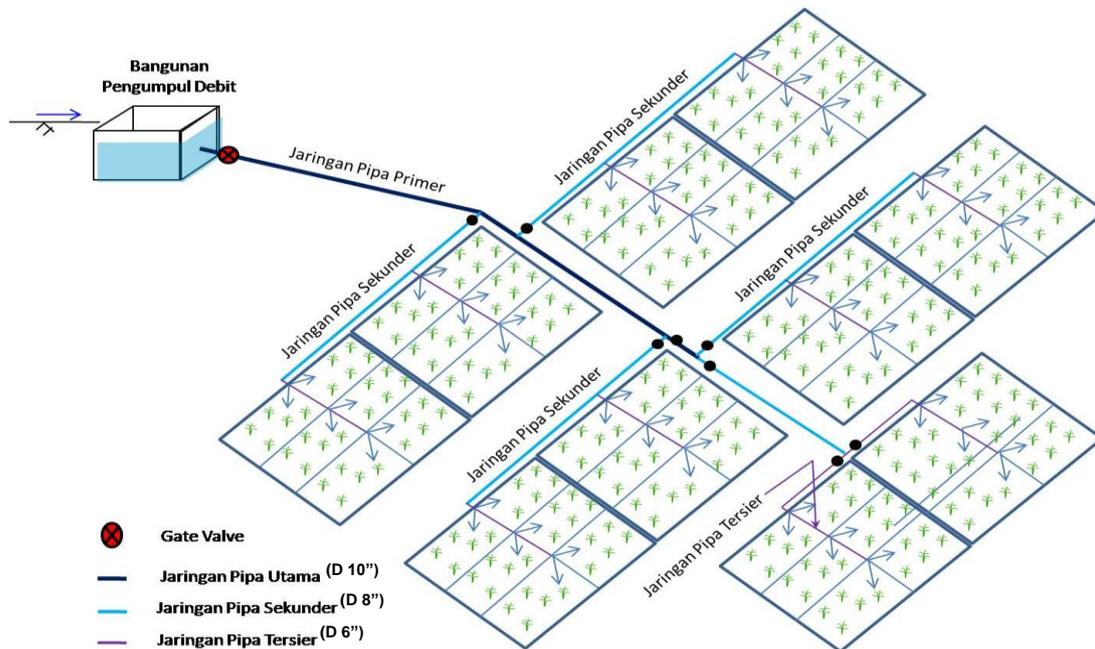
Gambar 2 Sketsa Pengujian Debit pada Outlet Petak Sawah

3.2 Lapangan

Penelitian lapangan dilakukan di Dusun Cilumping, Desa Cikurubuk, Kecamatan Buahdua, Kabupaten Sumedang yang diterapkan pada satu kawasan skala hamparan petani. Penelitian dilakukan dalam bentuk desain dan pengembangan prototip percobaan skala lapangan, dengan metoda eksperimental, kemudian prototip disempurnakan dan di uji coba untuk kemudian dievaluasi kinerjanya.

Jaringan irigasi pipa dirancang menggunakan sistem gravitasi dengan memanfaatkan beda tinggi antara sumber mata air dengan lahan pertanian dengan menggunakan pipa PVC, sehingga diperlukan pemilihan material PVC yang tepat untuk digunakan dalam penerapan irigasi pipa. Sistem jaringan pendistribusian dibuat berdasarkan topografi daerah yang direncanakan

sehingga perencanaan sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan (Gambar 3). Sumber air diambil dari mata air dengan terlebih dahulu di tampung dalam bangunan pengumpul (*capturing*), bangunan ini selain berfungsi sebagai bangunan pengumpul debit dan penstabil tekanan juga dirancang sebagai pengendali sedimen dasar yang masuk ke dalam jaringan pipa, sehingga diharapkan air yang masuk ke dalam jaringan sudah terbebas dari sedimen. Dari bangunan pengumpul (*capturing*), air dialirkan secara gravitasi melewati pipa primer, pipa sekunder, pipa tersier, dan terakhir dialirkan langsung ke tiap petakan sawah. Besar pipa *outlet* disesuaikan dengan luas areal layanan irigasi masing-masing petak sawah. Pengamanan jaringan terhadap tekanan yang melebihi kemampuan pipa dilakukan dengan menggunakan pelepas udara (*air vent*) dan pelepas tekan.



Gambar 3. Skema Operasi Jaringan Irigasi Pipa

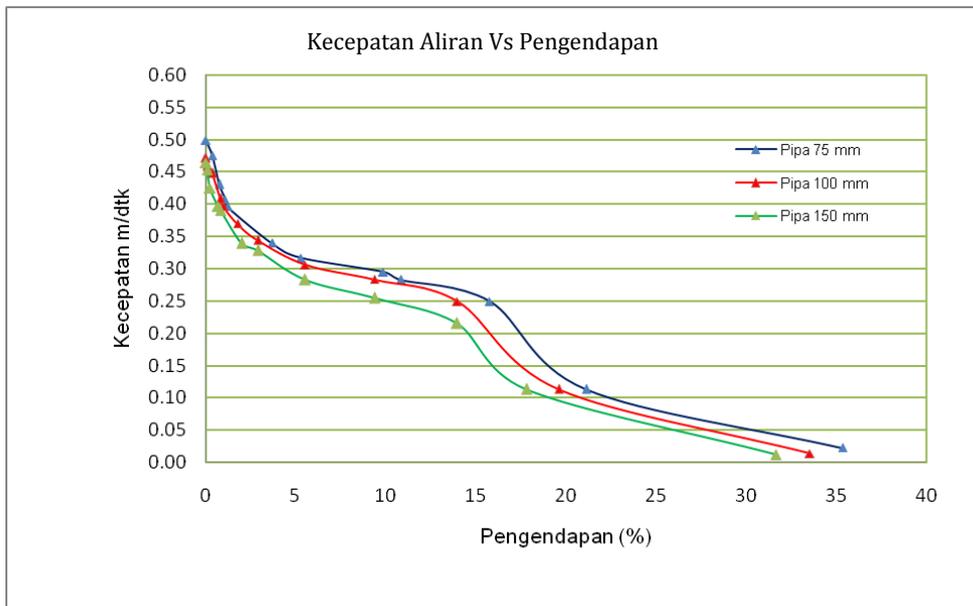
Untuk mengetahui kinerja jaringan yang telah dibuat, dilakukan uji teknis secara langsung di lapangan, yaitu uji debit dan tekanan (P) pada masing-masing *outlet*. Tekanan diukur menggunakan alat yang disebut *Pressure Gauge*, sedangkan debit, diketahui dari jumlah aliran yang mengalir melalui tampang lintang tiap satuan waktu yang diukur dengan menggunakan alat *Standard Suppressed Rectangulator Weir (Rechbock)* berbentuk persegi dengan lebar 36 cm. Alat ini dipasang pada saluran di hilir *outlet*, sedangkan pengamatan tinggi muka air dilakukan pada jarak 100 cm dari alat ukur *Rechbock*.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Laboratorium

a. Simulasi Sedimentasi

Pengujian simulasi sedimentasi dilakukan dengan cara mencari hubungan antara kecepatan aliran dengan laju pengendapan sedimen, sehingga diperoleh kecepatan minimum yang diijinkan agar tidak terjadi sedimentasi pada pipa (Gambar 4). Pipa yang digunakan dalam pengujian ini adalah pipa PVC berdiameter 75 mm, 100 mm, dan 150 mm dan menggunakan sedimen simulator dengan ukuran butiran < 0,088 mm. Ukuran butiran < 0,088 mm merupakan ukuran butiran maksimal sedimen layang yang diijinkan masuk ke dalam jaringan irigasi (Kriteria Perencanaan Irigasi-01).



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4 Grafik Hubungan Kecepatan Aliran Vs Pengendapan Sedimen

Berdasarkan pengujian simulasi sedimentasi didapat hubungan antara kecepatan aliran (m/detik) terhadap besar sedimentasi/pengendapan yang terjadi (%) pada pipa bentang 30 m, semakin rendah kecepatan aliran maka akan semakin besar pengendapan yang terjadi. Pada gambar 5 terlihat bahwa kecepatan < 0,1 m/detik mengakibatkan terjadinya endapan sebesar 18 % untuk pipa 150 mm, 20 % untuk pipa 100 mm, dan 22 % untuk pipa 75 mm, hal ini menggambarkan bahwa ukuran pipa juga mempengaruhi terhadap besar pengendapan yang terjadi. Semakin kecil pipa, maka sedimentasi yang terjadi untuk kecepatan aliran yang sama akan semakin besar. Dari gambar 5 terlihat pula bahwa kecepatan aliran sebesar 0,3 m/detik mengakibatkan terjadinya pengendapan sebesar 5 % dan pengendapan tidak terjadi jika kecepatan aliran mencapai 0,5 m/detik.

Sehingga desain irigasi menggunakan pipa yang mensyaratkan tidak boleh terdapat sedimentasi dalam pipa, kecepatan rencana aliran dalam pipa

disyaratkan $\geq 0,5$ m/detik. Di samping itu, karena ukuran pipa menentukan besar pengendapan yang terjadi maka dalam desain perlu diperhatikan pipa dengan ukuran lebih kecil akan lebih rentan terhadap pengendapan dibandingkan dengan ukuran pipa yang lebih besar.

b. Pengujian debit pada outlet

Pengujian debit pada outlet bertujuan untuk mendapatkan pengoperasian yang mudah karena diharapkan dengan adanya pengujian debit pada outlet maka tidak dibutuhkan adanya katup pada tiap outlet.

Dalam pengujian debit pada outlet dengan diameter pipa dan panjang sama, serta kekasaran dinding sama, apabila tinggi tekan/head awalnya tidak sama maka debit yang mengalir juga akan berbeda. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan debit pada masing-masing outlet untuk jarak outlet 30, 60, 90, dan 120 meter dengan pengaliran debit yang sama dari sumber air sebesar 12, 9, dan 6 l/detik (Tabel 1).

Tabel 1 Hasil Simulasi Rata-Rata Debit *Outlet* untuk Jarak *Outlet* Berbeda

No.	Jarak <i>Outlet</i> (m)	Debit Rata-Rata <i>Outlet</i> (l/detik)		
		Debit dialirkan 12 l/detik	Debit dialirkan 9 l/detik	Debit dialirkan 6 l/detik
1	30	2,48	1,99	1,50
2	60	2,43	1,97	1,44
3	90	2,50	1,95	1,46
4	120	2,91	2,00	1,46

Sumber : Hasil Pengujian

4.2 Lapangan

a. Pemilihan Material

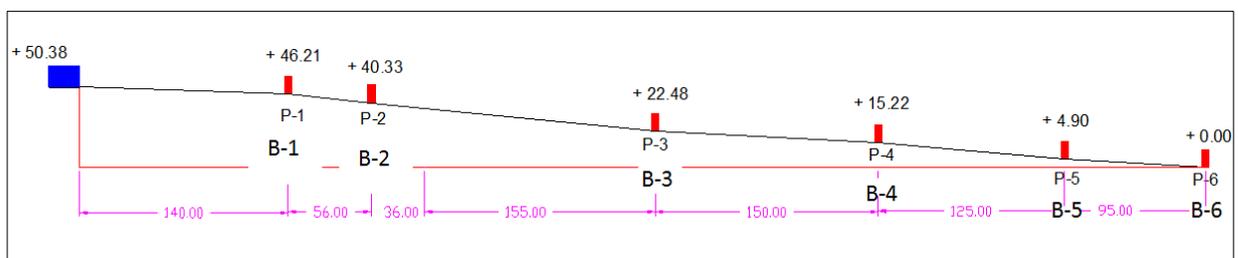
Pemilihan jenis dan kualitas pipa sangat penting guna mengurangi pemborosan karena kerusakan-kerusakan jaringan pipa akibat tekanan yang bekerja pada pipa (baik dari dalam maupun luar). Pemilihan material dilakukan sesuai dengan kondisi jalur pipa primer, sekunder, tersier, dengan memperhatikan : (i) Topografi dan kondisi lapangan jalur pipa yang dilalui; (ii) Kualitas pipa; (iii) Struktur tanah; (iv) Diameter pipa; (v) Tinjauan sambungan pipa dan perlengkapannya; (vi) Kemudahan dalam *handling* (penanganan) dan pemasangan; (vii) Biaya yang meliputi biaya material, *handling* dan pemasangan.

Berdasarkan uraian tersebut pemilihan material pipa didasarkan kepada hal-hal sebagai berikut : (i) Keamanan terhadap tekanan dari dalam dan luar. Tekanan dari dalam berasal dari tekanan

hidrostatik dan pukulan air. Tekanan dari luar berasal dari berat tanah dan tekanan roda (bila pipa tertanam melintasi jalan); (ii) Pipa harus tahan terhadap kondisi tanah jika berada dalam tanah (iii) Jenis pipa harus sesuai dengan keadaan lapangan, misalnya jika pemasangan pipa harus dapat dilaksanakan dengan cepat, dalam kondisi ini pemasangan yang cepat tergantung kepada jenis pipa; (iv) Air yang dialirkan harus aman dari bahan karat, sehingga pipa yang dipakai harus dari jenis yang tidak berkarat seperti pipa PVC.

b. Debit *Outlet*

Debit aliran diuji secara simulasi pada jaringan primer dengan empat buah *outlet* sekunder yaitu *outlet* B1, B4, B5 dan *outlet* B6 (Gambar 5). Setiap *outlet* didesain dapat digunakan untuk mengatur besar kecil keluaran debit. Sedangkan *outlet* B2 dan B3 didesain sebagai percabangan, yang menyalurkan aliran air ke pipa sekunder sampai dengan petak sawah.



Gambar 5 Elevasi dan Jarak *Outlet* Sekunder

Debit tiap *outlet* tergantung dari beberapa variabel yaitu: (i) debit yang dibagikan; (ii) bukaan masing-masing pintu; (iii) *headloss* yang

ada, dan (iv) elevasi masing-masing outlet. Pada tabel 2 ditampilkan hasil simulasi uji debit dan pada masing-masing outlet sekunder.

Tabel 2 Hasil Uji Hubungan Debit dengan Bukaannya Katup (diameter katup 6 inci)

No	Putaran Katup	Bukaan Katup (cm)	Luas Penampang Katup yang terbuka (cm ²)	Debit Keluaran (liter/detik)			
				B-1	B-4	B-5	B-6
1	Tertutup	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5 putaran	5	37.22	12.93	33.20	37.21	40.78
3	10 putaran	10	75.56	40.83	64.20	69.00	73.00
4	15 putaran	15	107.28	55.64	91.15	97.97	103.65
5	20 putaran	20	137.63	71.38	116.94	125.68	132.97
6	25 putaran	25	164.34	85.23	139.63	150.07	158.77
7	Terbuka penuh	30	176.63	91.61	150.07	161.29	170.64

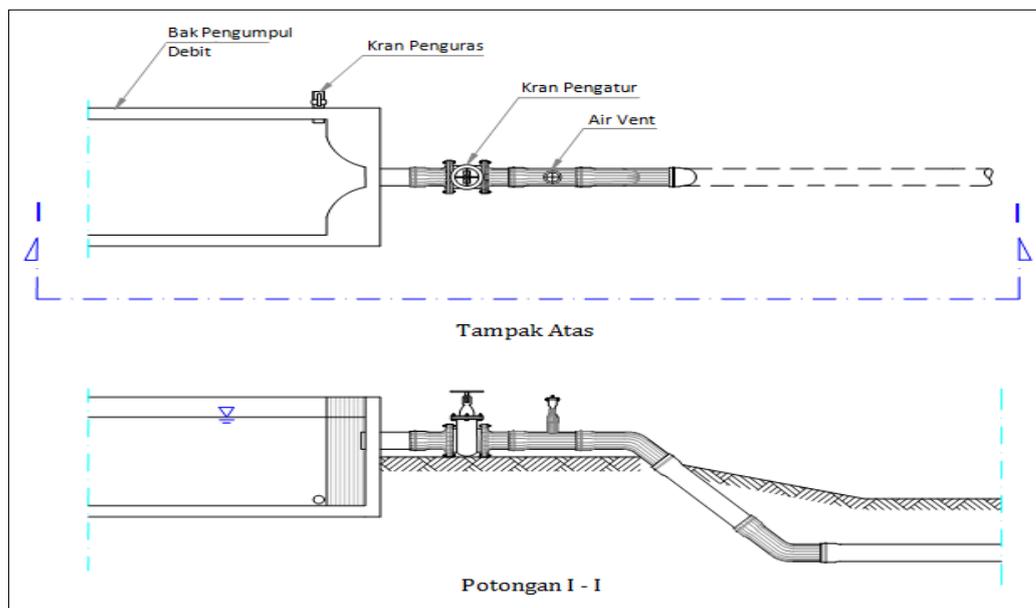
Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 1 merupakan pedoman pengoperasian katup terhadap debit yang dikeluarkan. Hal yang perlu diperhatikan pada debit dan kecepatan aliran adalah kecepatan yang terjadi terlampaui tinggi akan dapat menimbulkan masalah hidrolis seperti kemungkinan timbulnya pukulan air (*water hammer*), suara berisik, dan getaran terhadap pipa. Untuk itu perlu dilakukan pembatasan kecepatan aliran disesuaikan dengan kualitas pipa terpasang yang umumnya kecepatan aliran tidak melebihi 3 m/detik.

c. Bangunan Pengumpul (*Capturing*)

Bangunan ini merupakan unit bagian awal pada sistem jaringan irigasi pipa, fungsi bangunan ini sangat berperan penting untuk mengendalikan

adanya peningkatan debit secara tiba-tiba, tempat pengendapan pasir atau lumpur yang terbawa dari sumber air sebelum air masuk ke dalam pipa, dan menstabilkan aliran dan tekanan pada inlet pipa dari sumber air. Oleh karena itu bentuk dan ukuran bangunan *capturing* harus memperhitungkan debit sumber mata air, debit pengambilan, kualitas air dan sistem operasi jaringan. Sebagai desain awal desain bangunan pengumpul dirancang dan dibangun dengan bentuk persegi dengan ukuran 1,5 m x 2,5 m dengan kedalaman 1,5 meter (Gambar 6), untuk menghindari peningkatan debit secara tiba-tiba pada bangunan *capturing* perlu ditambahkan bangunan pelimpah.



Gambar 6. Desain Bangunan Pengumpul

Kinerja bangunan pengumpul di lapangan belum dapat bekerja secara optimal dan memerlukan perbaikan desain. Bangunan pengumpul debit baru dapat difungsikan sebagai bangunan pelimpah dan penstabil tekanan saja. Bangunan pengumpul yang dibangun belum dapat difungsikan sebagai pengendap sedimen layang (diameter butiran < 0,088 mm), hal ini dikarenakan kecepatan aliran air dalam bak pengumpul belum dapat dikendalikan. Kecepatan aliran dalam bak pengumpul masih diatas persyaratan (kecepatan aliran $\geq 0,3$ m/detik), sehingga sedimen dengan ukuran kecil belum dapat diendapkan secara optimal.

d. Pemasangan Saluran Pipa

Pemasangan saluran pipa dalam irigasi pipa perlu memperhatikan hal-hal berikut :

- Kedalaman Penanaman Pipa

Pipa irigasi yang menggunakan pipa PVC sedapat mungkin dipasang di dalam tanah untuk mengurangi kemungkinan rusaknya pipa secara fisik baik oleh tumbuhnya pohon, pembajakan atau kerusakan fisik lainnya. Kedalaman penanaman pipa dihitung dari permukaan tanah terhadap bagian atas pipa tergantung pada kondisi lapangan. Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, penanaman pipa yang < 40 cm banyak menimbulkan kendala baik karena faktor manusia maupun alam, sehingga penanaman pipa disarankan ≥ 50 cm.

- Sambungan Pipa

Sambungan pipa Standar Nasional Indonesia (SNI) pada umumnya menggunakan cincin karet (*rubber ring*) yang tidak dapat menahan tekanan momen inersia. Untuk itu sambungan pipa yang tidak timbun harus diperkuat dengan angker blok (*thrust block*) yang memenuhi ketentuan yang berlaku. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam

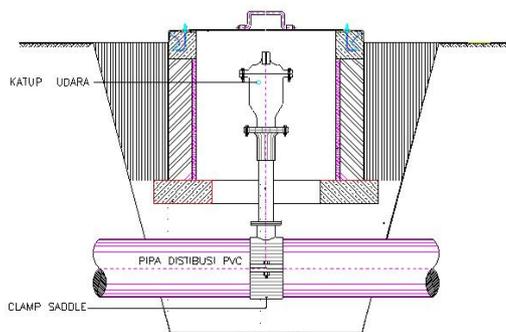
penyambungan pipa dengan sistem *rubber ring* (cincin karet): (i) Pemilihan karet *rubber ring* harus benar-benar diperhatikan kondisi dan ukurannya, karena kondisi dan ukuran *rubber ring* akan mempengaruhi mudah tidaknya penyambungan; (ii) pemilihan pelicin harus sesuai yang dipersyaratkan.

- Bangunan Penguat (*Thrust Block*)

Bangunan Penguat (*thrust block*) dalam irigasi pipa diperlukan pada pipa yang mengalami beban hidrolik yang tidak seimbang, misalnya pada pergantian diameter, akhir pipa, dan belokan. Gaya-gaya ini akan menggeser jaringan pipa dari kedudukan semula yang dapat merusak jaringan pipa dan sambungannya. Beberapa tempat yang memerlukan *thrust block* adalah sebagai berikut : (i) tempat di mana pipa berubah arah; (ii) tempat di mana pipa berubah diameter; (iii) tempat di mana pipa berakhir; dan (iv) tempat dimana diperkirakan timbul gaya dorong, misalnya pada sambungan-sambungan dan katup-katup.

e. Komponen Pelengkap

Air vent berfungsi untuk melepaskan udara yang terjebak di dalam pipa yang terjadi akibat tekanan aliran pada saat awal dan membentuk sumbatan udara yang merintang aliran air (Gambar 7). Hal ini sering terjadi pada saat aliran pertama saat membersihkan/memperbaiki jaringan atau di tempat terjadinya tekanan negatif karena jalur pipa yang naik turun mengikuti tofografi. Alat ini menggunakan pengapung dari karet yang apabila ada udara maka permukaan air akan turun termasuk pengapungnya, sehingga lubang udara di atasnya terbuka dan udara akan keluar. Bila udara telah keluar maka pengapung akan tertekan ke atas sehingga menutup lubang udara dan air yang tersumbat tidak mengalir ke luar.



Gambar 7. Pelepas Udara Otomatis

Dari hasil pemantauan di lapangan, bangunan pelepas udara dapat bekerja dengan baik melepaskan udara yang terjebak dalam pipa. Namun karena alat ini relatif mahal, perlu dicarikan alternatif bahan dan teknologi yang lebih murah dengan kinerja baik.

Pada dasarnya alat pelepas udara/pelepas tekan (*air vent*) adalah suatu alat yang dapat mengalirkan udara yang ada di dalam jaringan pipa ke luar tanpa adanya aliran air yang ikut keluar. Untuk itu apabila garis energi dalam pengaliran relatif rendah, dapat digunakan pipa yang dipasang vertikal dan cukup tinggi yang berfungsi sama seperti *air vent* (di atas garis permukaan air).

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian jaringan irigasi pipa secara gravitasi, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Laboratorium

- Hasil pengujian simulasi sedimentasi pada pipa di laboratorium dengan bentang 30 meter, didapat bahwa kecepatan aliran minimum yang dibutuhkan agar tidak terjadi pengendapan sedimen dengan diameter butiran < 0,088 mm (butiran sedimen yang diijinkan masuk jaringan) adalah sebesar 0,5 m/detik.
- Hasil simulasi pengujian debit pada outlet menunjukkan untuk jaringan irigasi menggunakan pipa, tidak dapat diperoleh debit yang sama pada setiap *outlet* karena banyak parameter yang mempengaruhi seperti diameter pipa, bentang pipa, dan kekasaran pipa.

2. Lapangan

- Pemilihan material pipa untuk irigasi pipa sebaiknya didasarkan kepada keamanan terhadap tekanan, kondisi tanah, kesesuaian jenis pipa dengan keadaan lapangan, dan kualitas air yang dialirkan.

- Agar bangunan pengumpul dapat difungsikan sebagai pengendap sedimen dengan diameter < 0,088 mm kecepatan aliran harus dikendalikan $\leq 0,3$ m/detik.
- Kecepatan aliran dalam pipa disarankan tidak melebihi 3 m/detik agar tidak menimbulkan pukulan air, suara berisik, dan getaran terhadap pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01 s/d KP-07*. Jakarta.
- Anonim. 2006. *Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi*. Sekretariat Negara. Jakarta
- Balai Irigasi. 2009. *Laporan Akhir Penelitian Jaringan Irigasi Non Padi (JINP)*. Bekasi.
- Bos, M.G. and W. Walters. 1990. *Water Charges and Irrigation Efficiencies Irrigation and Drainage Systems*, 4: 267-278.
- Jensen M. E. 1983. *Design and Operation of Farm Irrigation System*, American Society of Agricultural Engineers, Michigan 49085 USA.
- Phocaides A. *Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques*, FAO Consultant.
- Puslitbang SDA. 2004. *Laporan Akhir Penerapan Teknologi Jaringan Irigasi Sistem Perpipaan untuk Pengembangan Irigasi Modern*. Bandung.
- Smedema Lambert K & Rycroft David W. 1983. *Land Drainage: Planning and Design of agricultural drainage systems*, Bastford Academic and Educational Ltd. London
- Sumarna, A. 1997. *Pengaruh Tata Letak Jaringan Pipa dan Tekanan terhadap Keseragaman Emisi pada Sistem Irigasi Tetes*. Bandung.