

## UJI KEKUATAN TEKAN DAN KEKUATAN LENTUR PIPA AIR PVC

Syamsul Hadi, R.N. Akhsanu Takwin, dan Agus Dani

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno-Hatta 9, Malang 65141, Tlp. (0341) 410565

e-mail: [syampol2003@yahoo.com](mailto:syampol2003@yahoo.com)

**Abstrak:** Pecahnya pipa air PVC karena penekanan dan pelenturan sebagai masalah yang dihadapi. Tujuan penelitian untuk mendapatkan rekomendasi nilai kuat tekan dan kuat lentur operasional maksimal agar pipa air tidak pecah. Metode uji tekan dan uji lentur dilakukan sampai pipa pecah/gepeng dan bengkok pada 3 merek pipa PVC  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  inch. Hasil pengujian: (1) semakin naiknya diameter ( $\phi$ ) pipa, semakin menurun gaya tekan merek M, tetapi semakin menaik merek W, dan gaya tekan  $< 70N$  dapat mematah/pecahkan pipa tanpa merek untuk semua  $\phi$ , (2) semakin naiknya  $\phi$ , semakin menurun gaya lentur merek M, dan kenaikan drastis merek W, serta  $< 70N$  gaya lentur dapat memecahkan pipa tanpa merek untuk semua  $\phi$ , (3) kondisi pipa merek M sesudah diuji lentur pada semua  $\phi$  hanya bengkok dan gepeng tanpa peluang retak. Jadi pipa-pipa baru maupun berumur 16 tahun merek M dan W tahan uji tekan dan lentur tanpa rusak.

**Kata kunci-kata kunci:** kekuatan tekan, kekuatan lentur, pipa air PVC, pipa air PVC bekas, uji *penyet* pipa PVC, dan uji lentur pipa PVC.

### TESTS ON COMPRESSIVE AND FLEXTURE STRENGTHS OF PVC WATER PIPE

**Abstrack:** *Fracturing problem of PVC water pipe is caused by compressive and/or bending loads. Research objective is to find out compressive and bending loads recommendation limitations. Compressive and bending tests were applied on 3 PVC water pipe brands for  $1/2''$ ,  $3/4''$ , and  $1''$  diameters until the pipes were fracture/sprawl. Research results shown that: (1) higher diameter, lower compressive load for M brand, but higher for W brand, and compressive load  $< 70N$  could broke all pipes without brand, (2) higher diameter, lower flextureload for the M brand, but higher for the W brand, and flexture load  $< 70N$  could also broke all pipes without brand, and (3) pipe conditions flexture tested of M brand for all diameters were only sprawl and bent in midpipe length without crack indications which is has leakage possibility, so all new and 16 years old pipes withstand in compressive and flexture tests without broken.*

**Keywords:** *compressive test, flexture test, PVC water pipe, old PVC water pipe, sprawl PVC pipe test, and flexture PVC pipe test.*

#### 1. Pendahuluan

Pipa air bahan plastik banyak digunakan oleh masyarakat untuk mengalirkan suatu cairan, terutama air bersih kebutuhan pokok sehari-hari untuk minum, cuci muka, dan mandi. Ketersediaan air bersih bagi kehidupan masyarakat sangat menentukan mutu kehidupan dan kesehatannya. Kecukupan pasokan air bersih bagi suatu kehidupan sangat menunjang kelangsungan kehidupan masyarakat. Sistem aliran air bersih di kotatelah dibangun oleh pemerintah atau swadaya masyarakat melalui sistem aliran air di dalam pipa. Pipa air yang banyak dipakai yaitu pipa plastik/paralon/Poly Vinyl Chloride (PVC). Produsen pipa PVC menentukan dimensi dan komposisi mengacu pada standar. Ketidakteraturan dimensi membedakan karakteristiknya. Dimensi, kekuatan, harga, dan standar pemasangannya dapat berbeda untuk pipa yang dibeli dari toko. Adanya pipa PVC dengan berbagai dimensi dan kekuatan menghasilkan kinerja berbeda. Aliran bertekanan di

dalam pipamenuntut kekuatan pipa PVC yang memadai. Kekuatan pipa PVC perlu diuji untuk mengetahui kuat tekan dari luar pipa selain tekanan dari aliran dalam pipa. Kekuatan lentur penting diketahui, karena pipa dapat melentur di lapangan.

Penelitian terdahulu untuk perihal yang sama tidak ditemukan, berarti penelitian tersebut adalah baru/belum pernah dilakukan.

Tiga merek pipa dipilih untuk uji tekan dan uji lentur. Pipa yang digunakan oleh masyarakat yaitu  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$ . Tebal pipa dan  $\phi$  luar/dalam diukur sebelum uji tekan dan uji lentur. Pengulangan 3x untuk tiap kelompok spesimen. Spesimen dipotong setelah dibeli dari toko, diukur dimensinya, dibersihkan sisa potongannya, diberi kodedan dipotret.

Masalah dirumuskan sebagai pengukuran defleksi optimal arah  $\phi$  pipa dalam uji tekan, dan defleksi optimal arah sumbu pipa dalam uji lentur, sehingga pipa tidak pecah. Solusi masalah: (1) pencarian batas gaya tekan terhadap defleksi, (2) pencarian batas gaya lentur terhadap defleksi, dan (3)

prediksi umur pipa berdasar hasil uji tekan dan uji lentur pipa bekas. Masalah dibatasi hanya pada pipa PVC di pasaran: (1)  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  untuk saluran cairan bertekanan (bukan untuk drainase bertekanan rendah), (2) merek M, merek W, dan tanpa merek, (3) air bersih bertemperatur ruangan (tidak panas), (3) pengujian tekan/lentur pipa sampai defleksi optimal, sehingga penampang pipa signifikan mengecil. Risiko pemakaian pipa PVC adalah bocor atau pecah.

Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh rekomendasi bagi pengguna dalam pemilihan merek pipa PVC yang mempunyai kuat tekan dan kuat lentur yang baik (tidak mudah pecah).

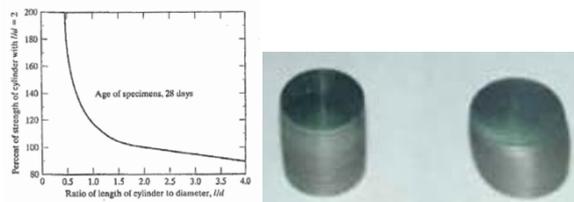
**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1 Sifat-sifat bahan plastik**

PVC adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilen (PE) dan polipropilin (PP). Lebih dari 50% PVC diproduksi untuk konstruksi. Sebagai bahan bangunan, PVC relatif murah, tahan lama, dan mudah dirangkai. PVC dapat dibuat lebih elastis dan fleksibel dengan penambahan plasticizer-ftalat. PVC fleksibel dipakai sebagai bahan pakaian, pipa, atap, isolator, dan kabel listrik. PVC diproduksi melalui polimerisasi monomer vinil klorida ( $CH_2=CHCl$ ). Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer pengguna bahan bakuminyak bumi terendah di antara polimer lainnya. Setengah produksi resin PVC dijadikan pipa untuk perkotaan/industri ringan, kekuatannya yang tinggi, dan reaktivitas rendah adalah cocok untuk berbagai keperluan. Pipa PVC dapat dicampur dengan larutan semen/disatukan dengan pipa HDPE oleh panas, dan pembuatan sambungan permanen tahan bocor [1].

Iradiasi PVC dengan 100W berjarak 150mm selama 180 detik menaikkan kekuatan tarik 43% [2], karena makin dominannya pembentukan ikatan silang rantai PVC, namun jika iradiasi dilanjutkan sampai 3600s, maka kekuatan tariknya menurun dari 83.16 menjadi 72.96 MPa [2]. Pada bahan pipa tanpa merek mungkin dibuat dari termoplastik campuran daur ulang terdegradasi yang menurunkan kekuatan tariknya. Pipa yang digunakan selama beberapa tahun dapat terdegradasi dan menurun kekuatannya.

**2.2 Kuat tekan**



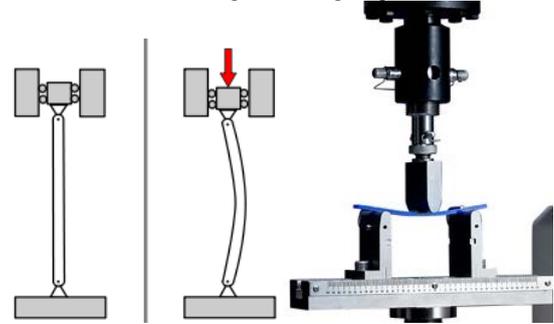
Gambar 1. Contoh grafik rasio (l/d) terhadap kuat tekan beton [3] dan contoh spesimen uji tekan [4]

Uji tekan disiapkan dengan spesimen bentuk silindris dengan tinggi spesimen  $2x\phi$ -nya dengan pemotongan spesimen pejal  $\perp$  sumbunya. Contoh rasio (l/d: tinggi/ $\phi$ ) terhadap kuat tekan beton [3] dan contoh spesimen uji tekan [4] (Gambar 1). Kuat tekan sampel beton dipengaruhi oleh l dan d.

Mengacu pada standar Amerika (*American Standard for Testing and Materials: ASTM*)C-31 [5], bentuk sampel adalah silinder dengan tinggi  $2x\phi$  nya.

**2.3 Ketahanan tekuk**

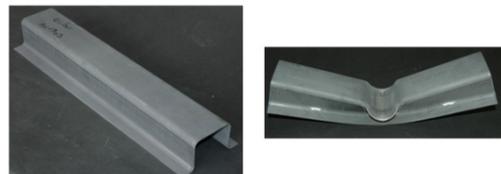
Uji tekuk/lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan terhadap beban tekuk/lentur dan uji lentur 3 titik kontak sebagaimana Gambar 2. Beban tekuk dalam uji tersebut adalah beban vertikal pada spesimen yang mengakibatkan spesimen tersebut tertekuk berdasarkan angka kelangsingan.



Gambar 2. Uji tekuk (*buckling*) suatu batang [6] dan Uji lentur 3 titik kontak [7]

**2.4 Kekuatan lentur**

Uji lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan bahan terhadap beban lentur. Uji lentur dengan metode tiga titik (*3 point bend test*), 2 titik menumpu kedua ujung spesimen arah ke atas dan 1 titik beban di tengah batang arah ke bawah (Gambar 2). Contoh kasus uji lentur kombinasi pada profil sebagai kombinasi uji tekan pada bagian atas profil, uji tekuk pada kedua sisi profil, dan uji dominan lentur pada sumbu profil (Gambar 3).



Gambar 3. Uji lentur pada suatu bentuk profil [8]

Kombinasi dari 3 uji tekan, uji tekuk, dan uji lentur adalah satu kesatuan uji baru yang disebut dengan uji tekan pipa/lebih mudah disebut dengan uji *penyet*. Gepengnya pipa mengurangi luas penampang pengalir volume cairan. Tingkat ke-*penyet*-an pipa membatasi kinerjanya dalam mengalirkan volume cairan. Kemungkinan saat uji *penyet*, pipa retak/pecah. Prediksi umur pipa yang gepeng menandakan awal deformasi plastis. Deteksi awal rusak penting diketahui jika pecahnya pipa berakibat kerugian besar. Fenomena gepeng sebagai tanda awal rusak.

Karakteristik bahan uji tekan mempunyai kesamaan dengan uji tarik yang menunjukkan kuat tekan fungsi pemendekan spesimen, sementara uji tarik fungsi pemanjangan spesimen dengan prinsip kekekalan volume benda padat [9, 10, 11, 12, 13].

**3. Metode Penelitian**

**3.1 Tempat dan variabel penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri

Malang pada April-Juli 2015 dengan variabel gaya tekan dan gaya lentur untuk tiap kondisi uji. Perhitungan kuat tekan dan kuat lentur adalah kompleks dari ketiga kombinasi uji tekan, uji tekuk, dan uji lentur, sehingga disederhanakan dengan penetapan kondisi uji yang sama. Panjang spesimen uji tekan ditentukan 100mm dan uji lentur 200mm yang memadai untuk mesin TarnoGrocki. Semua spesimenuji tekan ditetapkan dengan panjang 100mm  $\phi$  pipa 1/2", 3/4", dan 1", dan jarak tumpuan uji lentur ditetapkan 120mm. Penentuan 120mm dengan memperhitungkan spasi diantara kedua tumpuan dan penekan. Lebar kedua tumpuan dan penekan adalah 50mm, jadi dengan jarak antar tumpuan 120mm masih ada spasi 20mm jika diasumsikan pipa saat ditekan tidak distorsi (*pesok/penyok*) sebelum melentur.

**3.2 Teknik pengumpulan data**

Data gaya dan defleksi uji tekan dicatat sejak awal kontak antara penekan dan permukaan atas spesimen secara periodik hingga mencapai bahan pecah/defleksi maksimum. Dalam uji lentur dicatat hal-hal yang serupa. Data ukuran pipa baru dan bekas dicatat: merek,  $\phi$  nominal,  $\phi$  luar,  $\phi$  dalam, dan tebal pipa, lalu data ditampilkan dalam plot suatu grafik.

**3.3 Bahan, mesin dan peralatan**

Bahan yang dipakai: (1) pipa air PVC  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1", merek M, W, dan tanpa merek. Juga pipa bekas merek M umur 2 tahun  $\phi$  1/2" dan umur 16 tahun  $\phi$  1". Ulangan dilakukan sebanyak 3 buah sampel untuk pipa baru, dan pipa bekas sesuai dengan keberadaannya, (2) spidol dan tip ex, (3) amplas 120 mesh, (4) daun gergaji, dan (5) kertas dan alat tulis.

Mesin dan peralatan yang dipakai: (1) Mesin uji tekan/lentur Tarno Grocky, (2) mistar sorong, (3) ragam, (4) gergaji manual, (5) dial indicator, (6) ganjal dial indicator 4 buah setinggi 10mm, (7) komputer dan printer, dan (8) kamera.

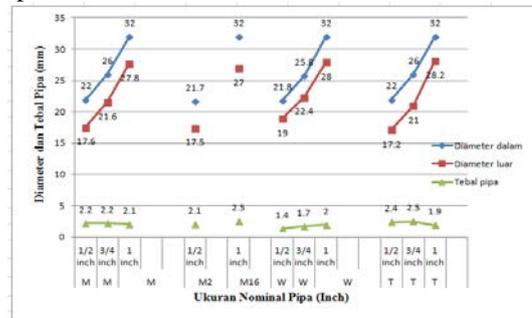
**4. Evaluasi kuat tekan dan kuat lentur pipa air**

**4.1 Ukuran nominal dan dimensi pipa**

Tebal pipa makin besar untuk merek M tidak proporsional dengan makin naiknya  $\phi$ , bahkan untuk  $\phi$  nominal 1" tebalnya makin tipis,  $\phi$  1/2" dan 3/4" tebalnya 2.2mm, tetapi  $\phi$  1" malah tebalnya 2.1mm (4,5 % lebih tipis). Tebal pipa merek W konsisten terhadap makin besarnya  $\phi$ , kenaikan  $\phi$  berturut-turut 1/2", 3/4", dan 1" konsisten menaikkan tebal berturut-turut 1,4, 1,7, dan 2,0mm. Pipa tanpa merek tidak konsisten hubungan antara  $\phi$  dan tebalnya. Kenaikan  $\phi$  pipa tanpa merek (kode T) berturut-turut 1/2", 3/4", dan 1" tidak konsisten terhadap kenaikan tebal berturut-turut 2,4, 2,5, dan 1,9mm. Pipa tanpa merek  $\phi$  1/2" dan 3/4" bernilai > merek M maupun W, tetapi untuk  $\phi$  1" malah sebaliknya, makin tipis 1,9mm, sementara merek M adalah 2,1mm dan W adalah 2,0mm (Gambar 4).

Produksi 2013, merek M memproduksi pipa  $\phi$  1/2" tebal 2,1mm yang lebih tipis 0.1mm (4,7%) daripada produk 2015, tetapi tahun 1999 merek M juga memproduksi pipa  $\phi$  1" tebal 2,5mm yang lebih tebal 0.4mm (19,1 %) daripada produksi 2015.

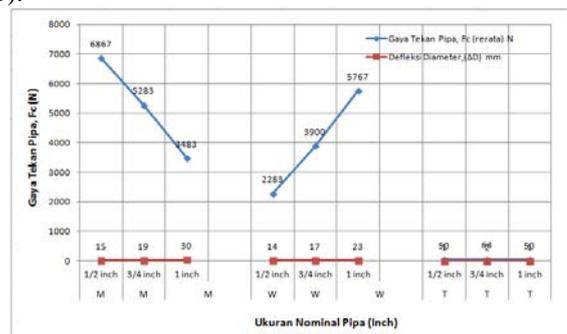
Pipa tanpa merek lebih tebal daripada merek M maupun W. Pipa umur 16 tahun (1999)  $\phi$  1" pernah mempunyai  $\phi$  yang sama antara merek M dan tanpa merek tahun 2015, yaitu tebalnya 2,5mm. Untuk merek M sendiri antara 1999 dan 2015 telah menipis  $\phi$ -nya semula  $\phi$  1" mempunyai tebal 2,5mm, saat ini menipis 0,4mm (19%) menjadi 2,1mm. Untuk pipa  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" merek W adalah lebih tipis daripada merek M.



Gambar 4. Hubungan antara  $\phi$  nominal dan dimensi pipa [14]

**4.2 Gaya tekan dan defleksi arah  $\phi$  pipa**

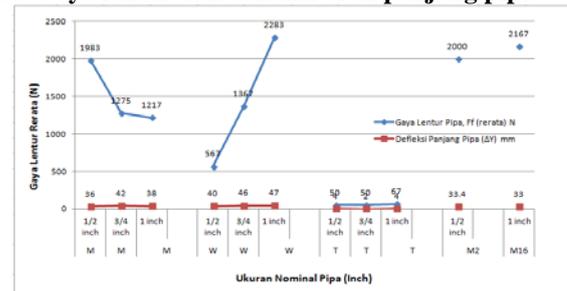
Penurunan gaya tekan pipa dengan makin naiknya  $\phi$  pipa merek M, tetapi sebaliknya untuk merek W, butuh gaya tekan meningkat dengan makin meningkatnya  $\phi$  pipa. Pipa tanpa merek, butuh gaya tekan < 70N untuk memecahkan pipa  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1", karena sangat rendahnya kekuatannya. Pipa defleksi ~2mm sudah mulai retak/pecah (Gambar 5).



Gambar 5. Hubungan gaya tekan pipa terhadap defleksi arah  $\phi$  pipa [14]

Penurunan gaya tekan berturut-turut merek M  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" adalah 6867N (687kg), 5283N, dan 3483N, dan kenaikan gaya tekan merek W  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" adalah 2283N (228kg), 3900N, dan 5767N. Pipa tanpa merek untuk 3  $\phi$  butuh gaya tekan < 70N dapat memecahkan pipa panjang 100mm.

**4.3 Gaya lentur dan defleksi arah panjang pipa**



Gambar 6. Hubungan antaragaya lentur pipa terhadap defleksi arah panjang pipa [14]

Penurunan gaya lentur dengan makin naiknya  $\phi$  pipa merek M, dan sebaliknya gaya lentur naik drastis dengan naiknya  $\phi$  merek W. Penurunan gaya lentur merek M  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" berurut-turut adalah 1983N (198kg), 1275N, dan 1217N, dan kenaikan gaya lentur merek W  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" berurut-turut adalah 567N (57kg), 1367N, dan 2283N. Hanya perlugaya lentur <70N dapat memecahkan pipa tanpa merek  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" (Gambar 6).

**4.4 Kondisi pipa sebelum dan sesudah uji**

Kondisi pipa merek M sebelum uji tekan  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" sebagaimana Gambar 7. Pipa digergaji manual, diampelas potongannya, diberi kode merek dan  $\phi$ , difoto, dan dicatat data defleksi dan gayanya.



Gambar 7. Kondisi pipa merek M sebelum uji tekan hanya ditampilkan  $\phi$  1"

Kondisi pipa merek M sebelum uji tekan  $\phi$  1/2" umur 2 tahun sebagaimana Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi pipa merek M sebelum uji lentur  $\phi$  1/2" umur 2 tahun

Kondisi pipa merek W sebelum uji lentur  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" sebagaimana Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi pipamerek W sebelum uji lentur hanya ditampilkan  $\phi$  3/4"

Kondisi pipa merek M sebelum uji tekan  $\phi$  1/2" umur 16 tahun sebagaimana Gambar 10.



Gambar 10. Kondisi pipamerek M umur 16 tahun sebelum uji lentur  $\phi$  1/2" hanya ditampilkan sebuah

Kondisi pipamerek M, pandangan atas dan samping sesudah uji tekan sebagaimana Gambar 11.



Gambar 4.11a. Kondisi pipamerek M, pandangan atas sesudah uji tekan  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1"

Spesimen merek M dan merek W kesemua  $\phi$ -nya sesudah diuji tekan, kondisinya hanya

berdeformasi hingga maksimal, sehingga menjadi gepeng/penyet tanpa rusak.



Gambar 4.11b. Kondisi pipamerek M, pandangan samping sesudah uji tekan  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1"

Kondisi pipatanpa merek sesudah uji tekan  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" sebagaimana Gambar 12.



Gambar 12. Kondisi pipatanpa merek sesudah uji lentur  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1"

Kondisi pipatanpa merek sesudah uji tekan pecah ke arah sumbu pipa  $\phi$  1/2" menjadi 5-6 bagian,  $\phi$  3/4" menjadi 6-8 bagian, dan  $\phi$  1" menjadi 4 bagian. Kondisi pipamerek W  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" sesudah uji lentur sebagaimana Gambar 13.



Gambar 13. Kondisi pipamerek W sesudah uji lentur  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1"

Semua pipa hanya bengkok dan gepeng pada bagian tengahnya tanpa rusak. Tanda keretakan pada bagian bengkokan juga tidak dijumpai.



Gambar 14. Kondisi pipatanpa merek sesudah uji lentur hanya ditampilkan  $\phi$  3/4" dan 1"

Kondisi pipa tanpa merek sesudah uji lentur  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" sebagaimana Gambar 14. Pipa tanpa merek rusak dini,  $\phi$  1/2 dan 3/4 inch patah getas dengan

beban < 70N pipa langsung patah menjadi 2 bagian, dan untuk pipa  $\phi$  1" remuk di tengah spesimen.

Kondisi pipamerek M umur 2 tahun sesudah uji lentur  $\phi$  1/2" sebagaimana Gambar 15. Pipa merek M umur 2 tahun sesudah uji lentur hanya bengkok dan gepeng pada bagian tengah penekan tanpa rusak.



Gambar 15. Kondisi pipa merek M sesudah uji lentur  $\phi$  1/2" umur 2 tahun

Kondisi pipamerek M umur 16 tahun sesudah uji lentur  $\phi$  1" sebagaimana Gambar 16.



Gambar 16. Kondisi pipamerek M sesudah uji lentur  $\phi$  1/2" umur 16 tahun hanya ditampilkan 2 buah

**4.5 Kondisi uji tekan dan uji lentur**

Pipamerek M umur 16 tahun  $\phi$  1" hanya mengalami bengkok dan gepeng pada bagian tengah panjang pipa yang ditekan tanpa rusak. Deformasi pipa akibat beban awal dan akhir uji tekan merek M  $\phi$  1/2" sebagaimana Gambar 17. Pipa saat beban awal terdeformasi awal, Gambar 17 dan setelah beban akhir, gepeng tanpa rusak sebagaimana Gambar 17b.



Gambar 17a. Kondisi pipa pada saat pembebanan awal uji tekan merek M  $\phi$  1/2"



Gambar 17b. Deformasi pipa saat pembebanan akhir uji tekan merek M  $\phi$  1/2"

Deformasi pipa saat beban-beban: awal, sebagian dan akhir uji lentur merek M  $\phi$  1/2" sebagaimana Gambar 18. Pembebanan akhir dihentikan hingga mendekati lenturan maksimum peralatan *three points bend test*. Jika dilanjutkan, maka yang terjadi uji tekan pada 2 tumpuannya. Deformasi terhadap arah sumbu pipa diukur dengan *dial indicator* secara periodik dicatat bersama gayalentur. Penempatan pendesak harus diatur di tengah panjang spesimen dan spesimen ditumpu di tengah kedua tumpuan saling tegak lurus untuk hasil akurat.



Gambar 18a. Kondisi pipa saat pembebanan awal uji lentur merek M  $\phi$  1/2"



Gambar 18b. Kondisi pipa saat pembebanan sebagian uji lentur untuk merek M  $\phi$  1/2"



Gambar 18c. Kondisi pipa saat pembebanan akhir uji lentur untuk merek M  $\phi$  1/2"

Kondisi pipa saat beban awal dan beban akhir uji lentur pipa tanpa merek  $\phi$  1" sebagaimana Gambar 19. Saat pembebanan dinaikkan, pipa tanpa merek segera pecah berkeping pada bagian tengah.



Gambar 19a. Kondisi pipa saat beban awal uji lentur pipa tanpa merek  $\phi$  1"



Gambar 19b. Kondisi pipa saat beban akhir uji lentur tanpa merek  $\phi$  1"

Setelah pipa ditekan hingga gepeng, pipamerek M dan W untuk  $3\phi$  tidak pecah yang berarti kedua merek tersebut kuat terhadap beban tekan hingga *penyet*. Pipamerek M dan W untuk  $3\phi$ -nya jugatidak pecah dengan beban lentur hingga lenturan maksimal yang ditandai oleh rol penekan dan 2 rol penumpu hampir berimpit, berarti 2merek pipa tersebut adalah kuat terhadap maksimum lenturanwalau gepeng.

**5.6 Analisis data**

Tebal pipa merek M tidak proporsional dengan makin naiknya  $\phi$ , bahkan untuk  $\phi$  1"tebalnyasemakin tipis, untuk  $\phi$  1/2" dan 3/4" tebalnya 2.2mm, tetapi untuk  $\phi$  1" malah tebalnya 2.1mm(4,5 % lebih tipis). Tebal pipa merek W konsisten terhadap makin besarnya  $\phi$ , kenaikan  $\phi$  berturut-turut 1/2", 3/4", dan 1"konsisten dengan naiknyatebal pipa berturut-turut 1,4, 1,7, dan 2,0mm. Pipa tanpa merek tidak konsisten antara  $\phi$  dan tebalnya. Kenaikan berturut-turut  $\phi$  1/2", 3/4", dan 1" adalah tidakkonsisten untuk kenaikan tebal 2,4, 2,5, dan 1,9mm. Pipa tanpa merek  $\phi$  1/2" dan 3/4" bernilai >merek M maupun W, tetapi untuk  $\phi$  1" malah sebaliknya makin tipis 1,9mm(9,5%) terhadapmerek M (2,1mm) dan 5,0% <terhadap merek W (2,0mm).

Merek M produksi 2013,  $\phi$  1/2"setebal 2,1mm lebih tipis 0.1mm(4,7%) daripada produk 2015, tetapi tahun 1999merek M memproduksi pipa  $\phi$  1" dengan

tebal 2,5mm yang lebih tebal 0.4mm(19,1 %) daripada produksi 2015.

Gaya tekan pipa makin menurun dengan makin naiknya  $\phi$  merek M, tetapi sebaliknya untuk merek W, gaya tekan makin naik dengan makin naiknya  $\phi$ . Gaya tekan < 70N memecahkan pipa tanpa merek  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$ , karena sangat rendahnya kekuatan pipa tersebut. Defleksi pipa sekitar 2mm sudah retak/pecah berkeping.

Penurunan gaya tekan  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  berturut-turut untuk merek M adalah 6867N (687kg), 5283N, dan 3483N, dan kenaikan gaya tekan merek W adalah 2283N (228kg), 3900N, dan 5767N. Pipa tanpa merek untuk  $3\phi$  tersebut butuh gaya tekan < 70N (2% beban tekan) memecahkan spesimen panjang 100mm. Penurunan gaya lentur dengan makin naiknya  $\phi$  pipa merek M, dan sebaliknya penaikan drastis gaya lentur dengan makin naiknya  $\phi$  merek W.

Penurunan gaya lentur untuk pipa merek M  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  berturut-turut adalah 1983N (198kg), 1275N, dan 1217N, dan kenaikan gaya lentur merek W berturut-turut adalah 567N (57kg), 1367N, dan 2283N. Gaya lentur < 70N (6% gaya lentur) memecahkan pipa tanpa merek ketiga  $\phi$ -nya.

Kondisi pipa tanpa merek sesudah uji tekan pecah ke arah sumbu pipa  $\phi 1/2''$  menjadi 5-6 bagian,  $\phi 3/4''$  menjadi 6-8 bagian, dan  $\phi 1''$  menjadi 4 bagian. Kondisi pipa merek M sesudah uji lentur  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  bengkok dan gepeng di tengahnya tanpa rusak.

### 5. Simpulan dan Saran

Simpulan yang dapat ditarik:

- 1) Tebal pipamerek M dan tanpa merek adalah tidak proporsional dengan makin naiknya  $\phi$  pipa, tetapi konsisten untuk merek W,
- 2) Produksi pipa  $\phi 1/2''$  tahun 2013, merek M dengan tebal 2,1mm adalah lebih tipis 0.1mm(4,7%) daripada produk 2015, tetapi 1999 merek M memproduksi  $\phi 1''$  dengan tebal 2,5mm yang lebih tebal 0.4mm(19,1%) daripada produksi 2015,
- 3) Gaya tekan terhadap defleksi arah  $\phi$  pipa untuk 3 merek cenderung berbeda, gaya tekan pipa makin menurun dengan makin naiknya  $\phi$  merek M, tetapi makin naik dengan makin naiknya  $\phi$  merek W, dan gaya tekan < 70N memecahkan pipa tanpa merek  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$ ,
- 4) Penurunan gaya lentur dengan makin naiknya  $\phi$  pipa merek M, dan sebaliknya penaikan gaya lentur drastis pipa merek W, dan hanya gaya lentur < 70N dapat memecahkan pipa tanpa merek untuk  $3\phi$ -nya,
- 5) Kondisi pipa tanpa merek sesudah uji tekan pecah ke arah sumbu pipa  $\phi 1/2''$  menjadi 5-6 bagian,  $\phi 3/4''$  menjadi 6-8 bagian, dan  $\phi 1''$  hanya menjadi 4 bagian karena kelemahan pada arah sumbu pipa,
- 6) Kondisi pipa merek M sesudah diuji lentur  $\phi 1/2''$ ,  $3/4''$ , dan  $1''$  hanya mengalami bengkok dan gepeng di bagian tengahnya tanpa kerusakan. Jadi, pipamerek M dan W baik yang baru maupun

berumur 16 tahun, semuanya tahan diuji lentur tanpa rusak.

Saran atas simpulan yang diperoleh:

- 1) Yayasan Lembaga Konsumen (YLK) dapat melindungi konsumen dan menertibkan produsen dengan mendaftarkan merek produk ke Dep. Hukum dan HAM untuk menjamin mutu produk. Kenyataan yang ada menunjukkan bahwa pipa air PVC tanpa merek dijual dengan harga sekitar  $1/2$ -nya daripada harga bermerek, namun kekuatannya hanya 2% beban tekan dan hanya 6% beban lentur,
- 2) Produsen hendaknya menjaga konsistensi dimensi pada produknya, agar prediksi kuat tekan dan lentur dapat diperkirakan oleh pengguna,
- 3) YLK hendaknya melaksanakan sosialisasi kepada para pedagang pengecer agar tidak membeli (*kulak*) produk yang tidak bermerek yang tidak bertanggung jawab pada mutu produknya,
- 4) Prediksi awal kerusakan dapat dianalisis dengan *software* simulasi untuk mengetahui tegangan dan regangan setempat pada lokasi dari spesimen yang mengalami kerusakan awal, misalnya dengan *software* LS Dyna, ANSYS, atau Abaqus.

### Daftar Pustaka

- [1] Anonim, PVC, 2015a, Wikipedia, <http://id.wikipedia.org/wiki/PVC>.
- [2] Ismoyo, A.H., dan Sugeng, B., 1996, *Pengaruh iradiasi ultra violet terhadap sifat mekanik termoplastik PVC*, Pros. Pertemuan Ilmiah Sains Materi, PP Sains Materi, BATAN, Serpong.
- [3] Mindess, S., Young, J.F., and Darwin, D., 2003, *Concrete 2<sup>nd</sup> Edition*, Upper Saddle River, NJ, Pearson Education, USA.
- [4] Anonim, *Spesimen uji tekan*, 2015b, <https://www.google.co.id/search?q>
- [5] ASTM C31 / C31M-12, 2015, *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*, ASTM Int'l, West Conshohocken, PA, 2012, [www.astm.org](http://www.astm.org)
- [6] Anonim, *Uji tekuk suatu batang*, 2015c, <https://www.google.co.id/search?q>
- [7] Anonim, *Uji lentur tiga titik kontak*, 2015d, <https://www.google.co.id/search?q>
- [8] Anonim, *Uji lentur pada suatu bentuk profil*, 2015e, <https://www.google.co.id/search?q>
- [9] Bolton, W., 1981a, *Materials Technology for Technicians 3*, Butterworth, London.
- [10] Bolton, W., 1981b, *Materials Technology for Technicians 4*, Butterworth, London.
- [11] Callister, W.D., 2010, *Materials Science and Engineering, an Introduction*, John Wiley and Sons, New York, USA.
- [12] Hadi, S., 1995, *Teknologi Bahan 3, PEDC*, Dirjen Dikti, Kemdikbud, Bandung.
- [13] Surdia, T. dan Saito, S., 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [14] Hadi, S., Takwin, R.N.A., Dani, A., 2015, *Evaluasi kekuatan tekan dan kekuatan lentur pipa air dari bahan PVC*, Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Malang, Malang.

**Ucapan Terima Kasih:**Terimakasih disampaikan kepada UPT P2M Politeknik Negeri Malang atas dana DIPA Nomor: SP-DIPA-042.04.2.400140/2015, Surat Perjanjian Nomor: 6073/PL2.1/HK/2015, 15 April 2015.