

Model Regresi Cox Dalam Analisa Resiko Kegagalan Jaringan Distribusi Air

Yossy Pratama, Farida Agustini Widjajati dan Nuri Wahyuningsih

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: agustini.farida54@gmail.com

Abstrak— Air bersih merupakan kebutuhan dasar bagi manusia sehingga menjadi hal yang wajar jika sektor air bersih mendapat prioritas dalam penanganan dan pemenuhannya. PDAM sebagai perusahaan daerah pengelola air bersih seharusnya mampu untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan sistem pengolahan dan sistem jaringan perpipaan yang ada, PDAM diharapkan mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat baik secara kuantitas, kualitas dan kontinuitas.

Tujuan tugas akhir ini untuk mengetahui kinerja jaringan distribusi, dilokasi yang dikelola oleh PDAM dengan menganalisis kemampuan jaringan dalam memenuhi kebutuhan minum pelanggan meliputi panjang, diameter, ketebalan, tekanan dan jumlah pelanggan terhadap kinerja PDAM. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisa kinerja sistem distribusi jaringan pipa terhadap terhadap pelanggan PDAM, sedangkan analisis kegagalan jaringan distribusi air dengan menggunakan program SPSS sebagai tolak ukurnya.

Berdasarkan survei yang dilakukan terhadap aspek kualitas fisik air (rasa, warnadan bau) lebih dari 40% warga menyatakan air yang diterima cukup layak, dari analisa terhadap pencatatan meteran air dapat diketahui bahwa sampai saat ini PDAM belum mampu untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dimana tingkat keandalan hanya 32,99% (berdasarkan kebutuhan standar DPU 170 l/o/hari) dan 39,18% berdasarkan kebutuhan nyata, dan terjadi kejadian gagal 8,10bulan dan 6,73bulan. Berdasarkan pencatatan tekanan air dilapangan, tekanan terendah 1,9m dan tertinggi 317,93m. Untuk pengaliran air bersih masih dilakukan secara bergilir antara 1 sampai 2 hari sekali dan pada jam – jam tertentu disetiap hari Senin, Rabu, Jumat dan Minggu pada pagi hari untuk pemukiman yang padat, setiap hari Rabu dan Jumat pada sore hari untuk rumah-rumah besar, hal ini menjadi faktor penilaian pelanggan dimana 38% dari pelanggan menyatakan tidak puas bahkan 40% menyatakan sangat tidak memuaskan terhadap kinerja PDAM. Dari hasil penelitian ini bahwa kinerja jaringan distribusi dan pelayanan PDAM di kota Surabaya belum memenuhi standar secara kuantitas dan kontinuitas.

Kata Kunci— Regresi Cox, Cox proportional hazards, Distribusi PDAM, Distribusi air dalam pipa.

I. PENDAHULUAN

Pesatnya pertumbuhan penduduk pada suatu daerah berdampak terhadap besarnya kebutuhan air bersih. Perkembangan penduduk tidak hanya berada pada daerah yang dekat dengan sumber air, tetapi semakin lama semakin meluas dan jauh dari sumber air. Selama ini daerah tersebut mengandalkan air dari sumber air sungai dan air hujan yang ditampung pada tandon-tandon penampungan air di permukiman penduduk. Hal ini dilakukan karena di wilayah ini termasuk tergolong wilayah rawan air. Saat ini sistem jaringan pipa belum memenuhi akan kebutuhan air bersih. Di lokasi studi saat ini sebagian masyarakat membeli air dari PDAM dengan menggunakan truk tangki air dengan harga Rp. 12.500 per m³. Sehingga perlu adanya pengembangan sistem jaringan pipa yang dapat memenuhi kebutuhan [1].

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surabaya adalah sebuah perusahaan yang mengelola dan mensuplai kebutuhan air bersih untuk wilayah Surabaya. Dalam rangka memenuhi kebutuhan air bersih tersebut, PDAM Surabaya terus melakukan perbaikan pelayanan dengan meningkatkan kualitas air yang dikirim, menambah jumlah kapasitas produksi dan juga melalui perbaikan- perbaikan sistem jaringan distribusi.

Sistem jaringan distribusi yang diterapkan oleh PDAM Surabaya adalah "Sistem Jaringan Tertutup". Air yang didistribusikan berasal dari beberapa sumber mata air, instalasi pengolahan air (IPA) dan sejumlah sumur dalam yang tersebar diseluruh wilayah Surabaya. Dengan sistem jaringan tertutup tersebut PDAM Surabaya berharap dapat mendistribusikan air bersih secara merata dan seimbang diseluruh lokasi jaringan sesuai dengan kebutuhannya masing-masing. Air bersih dari

sumber-sumber tersebut ada yang langsung didistribusikan kepada pelanggan dan ada pula yang ditampung kedalam *reservoir-reservoir* sebagai pusat penampungan air sementara untuk menjaga air yang didistribusikan agar tetap berada pada tekanan tertentu.

Metode Regresi *Cox* ini sudah sering dilakukan penelitian pada ketahanan hidup pasien diabetes mellitus dan pada ketahanan hidup. Pemilihan data dengan metode regresi *Cox* karena data *cross section* dan Ingin memodelkan data dari hubungan sebab akibat / variabel bebas yang terkait dengan variabel respon yang tergantung. Dengan membuat plot data terlebih dahulu sehingga muncul grafik yang akan digunakan untuk metode regresi *Cox*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem penyaluran air bagi masyarakat luas mengalami kebutuhan akan infrastuktur yang signifikan untuk melindungi kesehatan publik dan menjamin keberadaan air minum yang aman. Dari waktu ke waktu, integritas dari jaringan distribusi air dan sambungan-sambungannya bisa mengalami kegagalan, baik karena tekanan dalam operasinya, gangguan dalam konstruksi, gangguan alami seperti akar-akar pohon, atau aktivitas seismik. Di lain pihak, kebutuhan air yang terus menerus meningkat karena perkembangan kota dan pertumbuhan populasi dapat menyulitkan stasiun-stasiun pompa yang tidak dapat lagi memenuhi kebutuhan masyarakat akibat usia alat atau ukuran alat.

Kesehatan dan kesejahteraan ekonomi dari suatu populasi akan tergantung juga pada suplai yang berkelanjutan dari air bersih dan tidak terkontaminasi. Banyak sumber-sumber air menjadi tidak sanggup untuk menyediakan air akibat kebutuhan manusia dan lingkungan yang terus meningkat. Dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan populasi di saat ini dan di masa akan datang, pemerintah harus menyediakan suplai air yang stabil dan dapat diperbaharui.

Dalam sistem distribusi ini tentunya terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi agar sistem berjalan dengan baik. Kriteria-kriteria yang dimaksud antara lain [eprints.undip.ac.id/33997/6/1877_CHAPTER_III.pdf] :

- a. Air yang dialirkan harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dimanapun dan kapanpun.
- b. Penurunan mutu air akibat distribusi harus sekecil mungkin, sehingga sampai ke konsumen dalam keadaan yang masih memenuhi standart.

c. Pipa memiliki desain yang baik, sehingga tidak ada kebocoran di dalam sistemnya dan juga memiliki tekanan yang baik sehingga debit aliran airnya konstan.

d. Jalur pipa diusahakan sependek mungkin dan sedikit mungkin menggunakan fasilitas serta lokasi penempatannya aman dari gangguan yang mungkin dapat merusak pipa.

II.2 Standard Kebutuhan Air Bersih di Masyarakat

Secara garis besar, penggunaan dan pemakaian air bersih dalam aktivitas sehari-hari adalah sebagai berikut :

1. Untuk keperluan rumah tangga (*domestik use*)
 - Mandi, cuci, memasak, dan keperluan-keperluan lain dalam rumah tangga.
2. Untuk keperluan industri
 - Sebagai bahan pokok, misal : untuk industri makanan dan minuman
 - Sebagai bahan pembantu, misal : untuk proses pendinginan, pencucian.
3. Untuk keperluan sarana perkotaan
 - Membersihkan jalan, menyiram taman-taman, air mancur, dll
 - Penggelontoran saluran-saluran kota
 - Persediaan air untuk hidran pemadam kebakaran
 - Untuk keperluan sekolah, perkantoran, gedung pertemuan umum, dll
 - Untuk keperluan sosial, seperti masjid, langgar, rumah sakit, dll
 - Untuk keperluan komersial, seperti rumah makan, hotel, pasar, dll
 - Untuk keperluan pelabuhan
 - Untuk keperluan fasilitas rekreasi, seperti kolam renang, daerah wisata, daerah perkemahan, dll

Kebutuhan air suatu komunitas tergantung pada faktor-faktor di bawah ini :

- Populasi
- Kondisi iklim
- Kebiasaan dan gaya hidup
- Fasilitas plambing
- Sistem penyaluran pembuangan
- Industri
- Biaya air

Dengan berbagai pertimbangan di atas, maka dalam suatu penyediaan air minum perlu diperhatikan faktor-faktor :

A. Segi Kualitas

Terpenuhinya syarat-syarat kualitas, aman, higienis, baik dapat diminum tanpa kemungkinan menginfeksi pemakainya

Persyaratan kualitas air minum terdiri atas :

1. Persyaratan Fisis

Kualitas fisis yang dipertahankan atau dicapai bukan hanya semata-mata dengan pertimbangan segi kesehatan, akan tetapi juga menyangkut soal kenyamanan dan dapat diterimanya oleh masyarakat pemakai air, dan mungkin pula menyangkut segi estetika. Yang termasuk dalam persyaratan fisis air minum adalah air minum adalah bau, rasa, temperatur, warna, dan kekeruhan.

2. Persyaratan Kimiawi

Kadar dan tingkat konsentrasi unsur kimia yang terdapat dalam air harus aman, tidak membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, pertumbuhan tanaman, tidak membahayakan kesehatan bila digunakan dalam industri serta tidak menimbulkan kerusakan pada sistem penyediaan air minum sendiri. Sebaliknya, beberapa unsur tertentu diperlukan dalam jumlah yang cukup untuk menciptakan kondisi air minum yang dapat mencegah suatu penyakit atau kondisi kualitas yang menguntungkan.

Pada dasarnya unsur-unsur kimiawi dapat dibedakan atas 4 macam golongan :

- a) Unsur-unsur yang bersifat racun (H_g, P_b)
- b) Unsur-unsur tertentu yang dapat mengganggu kesehatan
- c) Unsur-unsur yang dapat mengganggu sistem atau aktivitas manusia
- d) Unsur-unsur yang merupakan indikator pencemaran

3. Persyaratan Bakteriologis

Dalam persyaratan ini ditentukan batasan tentang jumlah bakteri secara umum, kuman, dan bakteri coli secara khusus.

Pada dasarnya ada dua golongan bakteri :

- a) Mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit
- b) Non patogen, yaitu mikroorganisme yang tidak menimbulkan penyakit

B. Segi Kuantitas

Tersedia dalam jumlah yang cukup dan dapat dipergunakan setiap waktu, baik untuk keperluan domestik maupun keperluan lainnya.

Penyediaan air dalam jumlah yang cukup, baik untuk keperluan domestik maupun kegiatan lainnya, tidak hanya mempunyai arti terpenuhinya permintaan dan kebutuhan itu sendiri akan tetapi lebih jauh dari itu akan mendukung tercapainya masyarakat yang hidup secara higienis.

1. Pemakaian Air

Pemakaian air bertitik tolak dari jumlah air yang terpakai dari sistem yang ada bagaimanapun keadaannya. Pemakaian air dapat terbatas oleh karena terbatasnya air yang tersedia pada sistem yang dipunyai, yang belum tentu sesuai dengan kebutuhan.

Penggunaan air perkapita dapat bervariasi dari satu komunitas ke komunitas lainnya disebabkan berbagai faktor, antara lain tingkat hidup, pendidikan, dan tingkat ekonomi masyarakat.

2. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang diperlukan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Kebutuhan air menentukan besaran sistem dan ditetapkan berdasarkan pengalaman-pengalaman dari pemakaian air.

3. Fluktuasi Pemakaian Air

Pemakaian air tidak sama antara satu jam dengan jam lainnya, begitu pula antara satu hari dengan air lainnya dalam satu bulan dengan bulan lainnya dalam satu tahun. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan aktifitas penggunaan air yang terjadi.

Perbedaan ini lebih disebabkan oleh kebiasaan masyarakat pemakai dan keadaan iklim.

Terpenuhinya kedua segi kualitas dan kuantitas amatlah sangat penting untuk mendukung pengelolaan kesehatan masyarakat yang lebih baik.

II.3 Pengertian Sistem Distribusi

Komposisi dari suatu sistem penyediaan dapat terdiri dari sebagian atau keseluruhan dari 3 komponen utama, yaitu :

1. Sistem sumber, dengan atau tanpa bangunan pengolahan air minum. Sumber dapat terdiri dari sumber dan sistem pengambilan/pengumpulan saja ataupun dapat pula dilengkapi suatu sistem pengolahan. Dalam tugas ini sumber mata air dengan kualitas air yang telah memenuhi syarat kualitas sehingga tidak memerlukan lagi pengolahan.

2. Sistem transmisi, terdiri dari sistem transportasi, cara pengangkutan, kapasitas yang diangkat, peletakan dan penempatan, serta peralatan dan perlengkapan.

Air dari sumber yang telah memenuhi syarat kualitas dan kuantitas selanjutnya dibawa ke wilayah perkotaan yang akan menerima pelayanan ini. Untuk membawanya diperlukan suatu saluran pembawa (transmission line).

3. Sistem distribusi, terdiri dari suatu resevoir dan pipa distribusi. Sistem distribusi dari suatu reservoir dan pipa distribusi. Jaringan distribusi digunakan untuk mengalirkan dan membagikan air kepada masyarakat atau konsumen di wilayah perkotaan yang dilayani.

Setelah melalui sistem transmisi, maka air minum akan ditampung di resevoir dan selanjutnya didistribusikan melalui sistem distribusi yang akan melayani seluruh daerah pelayanan.

Sistem distribusi adalah sistem penyaluran air bersih atau air minum dari resevoir ke daerah pelayanan. Perencanaan jaringan pipa distribusi merupakan suatu hal yang penting karena menyangkut kepentingan dan kebutuhan orang banyak. Perencanaan ini merupakan bagian dari tujuan umum pelayanan air bersih kepada masyarakat dalam pencapaian target kualitas dan kuantitas. Pekerjaan dalam sistem distribusi meliputi sistem pemipaan, pemasangan katup-katup, pemasangan hidrant dan peralatan lainnya yang berhubungan dengan pengadaan atau penghantaran air dari resevoir distribusi (pipa transmisi) sampai ke konsumen.

Sistem distribusi dapat diklarifikasi berdasarkan sistem perpipaan dan letak dari sistem distribusi tersebut, yaitu (Babbitt 6th ed, 1967) :

a. Sistem lingkaran atau sistem cincin

Sistem ini sering dipakai pada daerah-daerah yang memiliki perbedaan elevasi sangat kecil. Aliran air dalam sistem ini dua arah. Pada sistem ini, pipa induk dan pipa sekunder berhubungan secara makro sistem. Pipa-pipa ini hanya memberi air ke titik-titik pembagi (*junction*) dan arah aliran secara bolak-balik.

Ciri-ciri sistem distribusi yang memakai sistem ini adalah :

1. Tidak merupakan arah satu aliran saja
2. Gradasi ukuran pipa tidak beraturan
3. Tidak memiliki titik mati
4. Pada saat terjadinya pemakaian puncak di suatu daerah, aliran air dapat berubah

Keuntungan memakai sistem ini adalah :

1. Dapat melayani banyak tempat dan kemungkinan akan terjadi pengembangan bila ada pelanggan bertambah.
2. Jika ada kerusakan, maka dapat dilokalisir sehingga tidak mempengaruhi aliran ke seluruh sistem.
3. Distribusi air merata.
4. Jika ada pemakaian puncak, aliran air dari daerah lain dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Kerugian dari sistem ini adalah :

1. Biaya perpipaan akan lebih mahal karena pipa yang dibutuhkan banyak dan jalurnya melingkar
2. Gradasi pipa tidak terlihat jelas
3. Tekanan dalam pipa cukup rendah sehingga bila ada kebakaran, air tidak dapat dialirkan secara serentak.
4. Alirannya belum tentu satu arah, dapat bolak-balik pada waktu tertentu. Tetapi pada saat dimensional dihitung searah.

Sistem dengan pola lingkaran ini digunakan untuk daerah pelayanan dengan sifat :

1. Bentuk dan perluasannya menyebar ke segala arah.
2. Jaringan jalannya berhubungan satu sama lain.
3. Elevasi tanah relatif datar.

Sistem ini mempunyai dua jenis perencanaan, yaitu :

1. Outer line : Pemasangan jaringan ke arah keluar dengan pengembangan ke dalam. Baik digunakan untuk daerah yang mengalami perkembangan.
2. Inner line : Pemasangan jaringan ke arah dalam saja. Baik untuk daerah yang tidak akan mengalami pertambahan jumlah penduduk dan penambahan fasilitas.

b. Sistem gridiron (kisi-kisi)

Sistem ini mirip dengan sistem lingkaran, tetapi terbagi-bagi menjadi zone-zone kecil. Sistem ini merupakan metode yang paling sering digunakan, terutama pada kota-kota besar.

c. Sistem cabang

Sistem ini dipakai untuk daerah yang memiliki perbedaan elevasi besar, pengaliran air pada sistem ini adalah dengan cara gravitasi. Aliran air dalam sistem cabang ini adalah satu arah.

Pada sistem ini pipa induk disambung dengan beberapa pipa sekunder. Pipa sekunder disambung ke beberapa pipa subinduk yang akan mengalami pipa servis.

Ciri-ciri sistem ini :

1. Memiliki satu arah aliran
2. Aliran berakhir pada satu titik mati

Keuntungan dari sistem ini :

1. Baik diterapkan pada daerah yang menurun
2. Cukup ekonomis karena jalurnya pendek
3. Tidak memerlukan banyak pipa
4. Gradasi (perubahan) ukuran pipa terlihat jelas (makin ke ujung makin kecil)
5. Tekanan air cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk pengaliran air
6. Mudah mengoperasikan
7. Mudah dalam perhitungan dimensi
8. Perkembangan sistem dapat disesuaikan dengan perkembangan kota

Kerugian sistem ini :

1. Jika ada kerusakan, seluruh sistem dalam daerah pelayanan akan terganggu karena tidak adanya sirkulasi air
2. Timbul rasa, bau, dan gangguan kesehatan karena adanya air yang diam pada ujung-ujung pipa cabang. Untuk itu dilakukan pengurasan pada tiap waktu tertentu, karena itu diperlukan katup penguras dan mengakibatkan adanya kehilangan air yang cukup besar
3. Bila ada peningkatan kebutuhan air secara tiba-tiba, maka kebutuhan itu tidak akan tersedot. Suplai air hidran juga akan lebih sedikit, karena sifat alirannya hanya satu arah
4. Keadaan peak untuk tiap cabang berbeda-beda untuk setiap situasi
5. Memiliki banyak titik pipa, sehingga peralatan pipa akan lebih banyak digunakan

Sistem dengan pola cabang ini digunakan untuk daerah pelayanan dengan sifat :

1. Bentuk dan arah perluasan memanjang dan terpisah
2. Elevasi permukaan tanahnya mempunyai perbedaan tinggi yang cukup besar dan menurun secara teratur
3. Luas daerah pelayanan secara teratur

Tujuan Sistem Distribusi

Tujuan dari sistem distribusi adalah menyalurkan air minum ke daerah pelayanan, dengan tetap memperhatikan faktor kuantitas, kualitas dan tekanan air sesuai rencana semula. Dalam sistem distribusi perlu diperhatikan beberapa faktor agar tercipta tingkat pelayanan kebutuhan yang baik, antara lain :

- a) Terjaganya kualitas air sepanjang pipa distribusi sampai kepada konsumen.
- b) Kuantitas air yang mencukupi kebutuhan masyarakat dan ketersediaannya setiap saat secara kontinu.
- c) Antisipasi terjadinya kehilangan yang bersifat insidental seperti kebocoran pipa, pencurian air, dan sebagainya.
- d) Tekanan pengaliran harus dapat menjangkau seluruh daerah pelayanan baik yang kritis sekalipun sehingga dapat tercukupi kebutuhannya dengan sistem distribusi yang dirancang.

II.5 Analisis Survival

Analisis *survival* merupakan suatu metode statistika yang berkaitan dengan T waktu, yaitu dimulai dari *time origin* atau *start point* sampai pada suatu kejadian khusus (*failure event/end point*).

$$S(t) = \Pr(T > t) \quad (1)$$

Salah satu analisis *survival* yang digunakan adalah regresi *cox proportional hazard*, yaitu suatu regresi yang digunakan untuk analisis data dengan variabel independen berupa waktu *survival*. Waktu *survival* yang diinginkan adalah dari awal penelitian sampai terjadinya respon pertama kali yang diamati.

Fungsi *survival* dapat pula diperoleh dengan cara mengintegrasikan fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dari T yaitu $f(t)$,

$$S(t) = \Pr(T > t) = \int_t^{\infty} f(t) \quad (2)$$

Dari persamaan diatas diperoleh hubungan antara $S(t)$ dengan $f(t)$ yaitu

$$f(t) = -\frac{dS(t)}{dt} = -S'(t)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{d(1-S(t))}{dt} = -\frac{dS(t)}{dt}$$

(3) karena

II.6 Pengertian Regresi

Istilah regresi pertama kali dalam konsep statistik digunakan oleh Sir Francis Galton dimana yang bersangkutan melakukan kajian yang menunjukkan bahwa tinggi badan anak-anak yang dilahirkan dari para orang tua yang tinggi cenderung bergerak (regress) kearah ketinggian rata-rata populasi secara keseluruhan. Galton memperkenalkan kata regresi (*regression*) sebagai nama proses umum untuk memprediksi satu variabel, yaitu tinggi badan anak dengan menggunakan variabel lain, yaitu tinggi badan orang tua. Pada perkembangan berikutnya hukum Galton mengenai regresi ini ditegaskan lagi oleh Karl Pearson dengan menggunakan data lebih dari seribu. Pada perkembangan berikutnya, para ahli statistik menambahkan isitilah regresi berganda (*multiple regression*) untuk menggambarkan proses dimana beberapa variabel digunakan untuk memprediksi satu variabel lainnya.

Regresi dalam pengertian moderen menurut Gujarati (2009) ialah sebagai kajian terhadap ketergantungan satu variabel, yaitu variabel tergantung terhadap satu atau lebih variabel lainnya atau yang disebut sebagai variabel – variabel eksplanatori dengan tujuan untuk membuat estimasi dan / atau memprediksi rata – rata populasi atau nilai rata-rata variabel tergantung dalam kaitannya dengan nilai – nilai yang sudah diketahui dari variabel eksplanatorinya. Selanjutnya menurut Gujarati meski analisis regresi berkaitan dengan ketergantungan atau dependensi satu variabel terhadap variabel – variabel lainnya hal tersebut tidak harus menyiratkan sebab – akibat (*causation*). Dalam mendukung pendapatnya ini, Gujarati mengutip pendapat Kendal dan Stuart yang diambil dari buku mereka yang berjudul “The Advanced Statistics” yang terbit pada tahun 1961 yang mengatakan bahwa, “suatu hubungan statistik betapun kuat dan sugestifnya tidak akan pernah dapat menetapkan hubungan sebab akibat (*causal connection*); sedang gagasan mengenai sebab akibat harus datang dari luar statistik, yaitu dapat berasal dari teori atau lainnya”.

Sedang menurut Levin & Rubin (1998:648), regresi digunakan untuk menentukan sifat–sifat dan kekuatan

hubungan antara dua variabel serta memprediksi nilai dari suatu variabel yang belum diketahui dengan didasarkan pada observasi masa lalu terhadap variabel tersebut dan variabel-variabel lainnya. Selanjutnya dalam regresi kita akan mengembangkan persamaan estimasi (*estimating equation*), yaitu rumus matematika yang menghubungkan variabel-variabel yang diketahui dengan variabel-variabel yang tidak diketahui. Setelah dipelajari pola hubungannya, kemudian kita dapat mengaplikasikan analisis korelasi (*correlation analysis*) untuk menentukan tingkatan dimana variabel – variabel tersebut berhubungan. Kesimpulannya, analisis korelasi mengungkapkan seberapa benar persamaan estimasi sebenarnya menggambarkan hubungan tersebut. Lebih lanjut Levin & Rubin mengatakan bahwa: “ Kita sering menemukan hubungan sebab akibat antar variabel–variabel; yaitu variabel bebas ‘menyebabkan’ variabel tergantung berubah. Sekalipun demikian mereka melanjutkan bahwa: “penting untuk kita perhatikan bahwa yang kita anggap hubungan (*relationship*) yang ditemukan melalui regresi sebagai hubungan asosiasi (*relationship of association*) tetapi tidak selalu harus sebab dan akibat (*cause and effect*). Kecuali kita mempunyai alasan–alasan khusus untuk percaya bahwa (perubahan pada) nilai-nilai variabel tergantung disebabkan oleh nilai-nilai variabel (*variable*) bebas; jangan menyimpulkan (*infer*) hubungan sebab akibat dari hubungan yang diketemukan dalam regresi.

Karena Levin & Rubin dalam mendefinisikan regresi juga menggunakan istilah “analisis korelasi”, maka sebaiknya dalam bagian ini penulis perlu menjelaskan perbedaan antara regresi dan korelasi. Menurut Gujarati (2009: 20) analisis korelasi bertujuan untuk mengukur kekuatan (*strength*) atau tingkatan (*degree*) hubungan linier (*linear association*) antara dua variabel. Untuk mengukur kekuatan hubungan linier ini digunakan koefisien korelasi. Sebaliknya dalam regresi kita tidak melakukan pengukuran seperti itu. Dalam regresi kita membuat estimasi atau memprediksi nilai rata-rata satu variabel didasarkan pada nilai–nilai tetap variabel–variabel lain. Perbedaan yang mendasar antara regresi dan korelasi ialah dalam regresi terdapat (hubungan) asimetri dalam kaitannya dengan perlakuan terhadap variabel tergantung dan variabel

bebas. Variabel tergantung diasumsikan statistik, acak atau stokhastik, yaitu mempunyai distribusi probabilitas. Sedang variabel bebas/prediktornya diasumsikan mempunyai nilai-nilai tetap. Sebaliknya dalam korelasi kita memperlakukan dua variabel atau variabel-variabel apa saja secara simetris, yaitu tidak ada perbedaan antara variabel bebas dan variabel tergantung. Sebagai contoh korelasi antara nilai ujian matematik dan statistik sama dengan korelasi nilai ujian statistik dan matematik. Lebih lanjut dalam korelasi kedua variabel diasumsikan random.

Regresi linier mempunyai persamaan yang disebut sebagai persamaan regresi. Persamaan regresi mengekspresikan hubungan linier antara variabel tergantung/variabel kriteria yang diberi simbol Y dan salah satu atau lebih variabel bebas/prediktor yang diberi simbol X jika hanya ada satu prediktor dan X_1, X_2 sampai dengan X_k jika terdapat lebih dari satu prediktor (Crammer & Howitt, 2006:139). Persamaan regresi akan terlihat seperti di bawah ini.

Untuk persamaan regresi dimana Y merupakan nilai yang diprediksi, maka persamaannya ialah : [7]

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 \text{ (untuk regresi linier sederhana)} \quad (4)$$

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \text{ (untuk regresi linier berganda)} \quad (5)$$

Untuk persamaan regresi dimana Y merupakan nilai sebenarnya (*observasi*), maka persamaan menyertakan kesalahan (*error term / residual*) akan menjadi :

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + e \text{ (untuk regresi linier sederhana)} \quad (6)$$

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \text{ (untuk regresi linier berganda)} \quad (7)$$

Dimana :

X : Nilai sebenarnya suatu kasus (data)

β : Koefisien regresi. Jika hanya ada satu prediktor dan koefisien regresi parsial jika terdapat lebih dari satu prediktor. Nilai ini juga mewakili koefisien regresi baku (*standardized*) dan koefisien regresi tidak baku (*unstandardized*). Koefisien regresi ini merupakan jumlah perubahan yang terjadi pada Y yang disebabkan oleh perubahan nilai X .

Untuk menghitung perubahan ini dapat dilakukan dengan cara mengalikan nilai prediktor sebenarnya (*observasi*) untuk kasus (data) tertentu dengan koefisien regresi prediktor tersebut.

α : Intercept yang merupakan nilai Y saat nilai prediktor sebesar nol.

Sedang garis regresi didefinisikan sebagai garis lurus yang ditarik dari titik – titik diagram pencar (*scattered diagram*) dari nilai variabel tergantung dan variabel bebas sehingga garis tersebut menggambarkan hubungan linier antara variabel-variabel tersebut. Jika nilai-nilai ini merupakan garis regresi nilai baku maka garis ini sama dengan garis korelasi. Garis ini disebut juga sebagai garis kecocokan yang sempurna dimana garis lurus tersebut berada pada posisi terdekat pada titik-titik diagram pencar. Garis ini dapat digambarkan dari nilai-nilai persamaan regresi dalam bentuk yang paling sederhana yaitu:

Nilai yang diprediksi = intercept + (koefisien regresi x nilai prediktor)

Sumbu vertikal dari diagram pencar digunakan untuk menggambarkan nilai-nilai variabel tergantung sedang sumbu horizontal menggambarkan nilai prediktor. Intercept merupakan titik sumbu vertikal yang merupakan nilai variabel tergantung yang diprediksi saat nilai prediktor atau variabel bebas sebesar nol. Nilai yang diprediksi akan sebesar akan sebesar 0 jika koefisien regresi baku digunakan. Itulah sebabnya saat menggunakan IBM SPSS keluaran yang digunakan dalam koefisien regresi menggunakan keluaran pada kolom “*unstandardized coefficient*”.

Istilah-istilah yang mewakili pengertian variabel bebas dan variabel tergantung dalam regresi.

Gujarati memberikan istilah berikut :

1. Variabel tergantung (*dependent variable*) : disebut juga sebagai variabel yang dijelaskan (*explained variable*)/variabel yang diprediksi (*predictand*)/regresan (*regressand*)/variabel yang merespon (*response*)/*endogenous*/keluaran (*outcome*)/variabel yang dikontrol (*controlled variable*)
2. Variabel yang menerangkan (*explanatory variable*) : disebut juga sebagai variabel tergantung (*dependent variable*)/variabel yang memprediksi (*predictor*)/regresor (*regressor*)/variabel stimulus (*stimulus*)/*exogenous*/kovariat (*covariate*)/variabel kontrol (*control variable*)

Tujuan menggunakan analisis regresi ialah :

1. Membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung dengan didasarkan pada nilai variabel bebas
2. Menguji hipotesis karakteristik dependensi
3. Untuk meramalkan nilai rata-rata variabel bebas dengan didasarkan pada nilai variabel bebas diluar jangkauan sampel

Asumsi penggunaan regresi ialah :

1. Model regresi harus linier dalam parameter
2. Variabel bebas tidak berkorelasi dengan *disturbance term* (error)
3. Nilai *disturbance term* sebesar 0 atau dengan simbol sebagai berikut : $(E(U/X)) = 0$
4. Varian untuk masing-masing *error term* (kesalahan) konstan
5. Tidak terjadi otokorelasi
6. Model regresi dispesifikasi secara benar. Tidak terdapat bias spesifikasi dalam model yang digunakan dalam analisis empiris
7. Jika variabel bebas lebih dari satu, maka antara variabel bebas (*explanatory*) tidak ada hubungan linier yang nyata

II.7 Macam-Macam Regresi

1. Regresi Linier Sederhana

Yaitu regresi linier dengan variabel prediktor (bebas). Regresi Linear Sederhana adalah Metode Statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara Variabel Faktor Penyebab (X) terhadap Variabel Akibatnya. Faktor Penyebab pada umumnya dilambangkan dengan X atau disebut juga dengan Predictor sedangkan Variabel Akibat dilambangkan dengan Y atau disebut juga dengan Response. Regresi Linear Sederhana atau sering disingkat dengan SLR (Simple Linear Regression) juga merupakan salah satu Metode Statistik yang dipergunakan dalam produksi untuk melakukan peramalan ataupun prediksi tentang karakteristik kualitas maupun Kuantitas.

Bentuk persamaan :

$$Y^{\wedge} = a + bx \quad (8)$$

Dengan :

Y^{\wedge} = Variabel *dependent* / kriteria (yang diprediksikan)

a = Konstan (harga Y untuk $X = 0$)

b = Angka arah (koefisien regresi) ; bila b positif (+), arah regresi naik dan bila b negatif (-), arah regresi turun

x = Variabel *independent* (prediktor)

Persamaan garis regresi linier sederhananya dapat dinyatakan dalam bentuk, rata-rata Y bagi X tertentu. Konstanta atau parameter atau koefisien regresi populasi. Karena populasi jarang diamati secara langsung, maka digunakan persamaan regresi linier sederhana sampel sebagai penduga persamaan regresi linier sederhana populasi.

Persamaan memberikan arti jika variabel X mengeluarkan satu satuan, maka variabel Y akan mengalami peningkatan atau penurunan sebesar $1b$. Untuk membuat peramalan, penaksiran atau pendugaan dengan persamaan regresi, maka nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu. Dengan metode kuadrat terkecil (*least square*), nilai a dan b dengan rumus diatas.

2. Regresi Linier Berganda

Jika dalam regresi linier sederhana hanya ada satu perubahan bebas (x) yang dihubungkan dengan perubahan tidak bebas (Y) sedangkan dalam regresi linier berganda ada beberapa variabel bebas (X_1), (X_2), (X_3) dan (X_p) yang merupakan bagian dari analisis multivariant dengan tujuan untuk menduga besarnya koefisien regresi yang akan menunjukkan besarnya pengaruh beberapa variabel bebas *independent* terhadap variabel tidak bebas *dependent*. Dalam uji regresi berganda seluruh variabel predictor (bebas) dimasukkan ke dalam regresi secara serentak. Jadi, peneliti bisa menciptakan persamaan regresi guna memprediksi variabel terikat dengan memasukkan, secara serentak variabel bebas. Persamaan regresi kemudian menghasilkan konstanta dan koefisien regresi bagi masing-masing variabel bebas

II.8 Konsep Linieritas Dalam Regresi

Ada dua macam linieritas dalam analisis regresi, yaitu linieritas dalam variabel dan linieritas dalam parameter. Yang pertama, linier dalam variabel merupakan nilai rata-rata kondisional variabel tergantung yang merupakan fungsi linier dari variabel (variabel) bebas. Sedangkan yang kedua, linier

dalam parameter merupakan fungsi linier parameter dan dapat tidak linier dalam variabel.

Setiap analisis regresi pasti ada korelasinya, tetapi analisis korelasi belum tentu dilanjutkan dengan analisis regresi. Analisis korelasi yang dilanjutkan dengan analisis regresi yaitu apabila korelasi mempunyai hubungan kausal (sebab-akibat) atau hubungan fungsional. Untuk menetapkan dua variabel mem[unyai hubungan kausal atau tidak, harus didasarkan pada teori atau konsep-konsep tentang dua variabel tersebut. Analisis regresi digunakan untuk mengetahui bagaimana pola variabel *dependent* (kriteria) dapat diprediksikan melalui variabel *Independent* (prediktor)

Regresi yang berarti peramalan, penaksiran, atau pendugaan pertamakali diperkenalkan pada tahun 1877 oleh Sir Francis Galton (1822-1911) sehubungan dengan penelitiannya tentang tinggi manusia. Penelitian tersebut membandingkan tinggi badan anak laki-laki dengan tinggi badan ayahnya.

II.9 Model Regresi Cox Proposional

Analisa regresi Cox merupakan analisis yang digunakan untuk menganalisa data waktu kejadian dan untuk mengetahui hubungan waktu kejadian dengan salah satu variabel bebasnya. Bentuk umum regresi Cox adalah :

$$h_i(t; x) = h_o(t) \exp(\beta, x_i) \quad (9)$$

Dengan :

β = Vektor koefisien regresi berdimensi \mathcal{P}

$h_o(t)$ = Fungsi hazard dasar (*baseline hazard function*)

Fungsi eksponensial harus h positif untuk setiap β sehingga bentuk umum regresi Cox adalah :

$$h_i(t) = h_o(t) \cdot \exp(\beta_1 X_{i1}(t) + \dots + \beta_p X_{ip}(t)) \quad (10)$$

$$\log h_i(t) = \log h_o(t) + \beta_1 X_{i1}(t) + \dots + \beta_p X_{ip}(t) \quad (11)$$

Nilai $\exp \beta_p X_{ip}(t)$ adalah hazards pada saat t dalam suatu penelitian dengan variabel independen X relatif terhadap hazards penelitian dengan variabel independen bernilai nol

II.10 Fungsi Hazard

Fungsi Hazard, $h(t)$, mendefinisikan laju kegagalan dari suatu jaringan pipa air pada suatu jaringan dengan waktu yang ditetapkan yaitu t , hal ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$h(t) = \lim_{\Delta t} \left[\frac{p(t \leq T < t + \Delta t / T \geq t)}{\Delta t} \right] \quad (12)$$

II.11 Analisis Resiko Kegagalan Dalam Jaringan Pipa Air

Proses analisis risiko kegagalan dalam jaringan pipa air terdiri dari tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan jenis jaringan pipa air.
2. Menentukan tingkat kegagalan yang membatasi jaringan pipa air.
3. Menentukan kesulitan mengurangi kegagalan.
4. Menentukan jenis perlindungan yang terkait dengan jaringan pipa air yang beroperasi.
5. Menentukan tingkat risiko, termasuk pembagian ke dalam risiko ditoleransi, dikontrol dan tidak dapat diterima.

Terdapat empat matriks parameter bobot untuk penilaian risiko, berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{S \cdot I \cdot U}{O} \quad (13)$$

Dimana :

I = Bobot yang terhubung dengan tingkat kegagalan

λ

S = Bobot yang terhubung dengan jenis tingkat jaringan pipa air

U = Bobot yang terhubung dengan kesulitan mengurangi kegagalan

O = Bobot yang terhubung dengan keamanan (perlindungan jaringan pipa air)

Deskripsi Jaringan Pipa Air yang Di Analisa

Jaringan pipa air terdiri dari :

1. Jaringan utama
2. Jaringan penyaluran air
3. Sambungan rumah

Rumus untuk menghitung nilai kegagalan :

$$\lambda_i = \frac{K_i(t, t + \Delta t)}{I_i \Delta t} \quad (14)$$

Dimana :

λ_i = Unit kegagalan untuk i-tipe jaringan

$K_i(t, t + \Delta t)$ = Jumlah semua kegagalan dengan interval waktu pada tipe jaringan

I_i = Panjang yang diberikan pada tipe jaringan (jaringan utama, jaringan penyaluran air, sambungan rumah)

III. URAIAN PENELITIAN

A. Studi Literatur

Dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran mengenai teori-teori dan konsep-konsep yang mendasar tentang permasalahan dalam penelitian sehingga hasil yang didapat akan bersifat ilmiah. Studi literatur yang diperlukan meliputi sistem distribusi air, pemodelan sistem, penggunaan model simulasi dan program aplikasi SPSS.

B. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui apakah permasalahan yang telah di rumuskan memang benar sesuai dengan kondisi sesungguhnya yang terjadi di lapangan. Dengan studi lapangan ini permasalahan akan mulai tampak dengan ditemukannya ketidaksesuaian sasaran yang ingin dicapai dengan kondisi real yang terjadi. Melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti, dalam hal ini sistem distribusi air dan jaringan pipa.

C. Identifikasi Masalah

Masalah dapat didefinisikan sebagai suatu pertanyaan yang ingin dipecahkan. Masalah inilah yang menyebabkan sasaran dari sistem tidak dapat dicapai. Pada tahap ini dilakukan studi pendahuluan tentang sistem dan prosedur untuk memperoleh gambaran kegiatan pengelolaan yang dilakukan oleh PDAM kota Surabaya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa yang terjadi dan ingin diangkat dalam penelitian.

D. Perumusan Masalah

Setelah dilakukan identifikasi masalah maka langkah berikutnya melakukan perumusan masalah berkaitan dengan topik yang diambil dalam penelitian. Pada tahapan ini dilakukan perumusan berkaitan dengan pemodelan analisis resiko kegagalan pada pipa jaringan distribusi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surabaya

E. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah yang telah ada selanjutnya ditetapkan tujuan yang akan dicapai sehingga arah penelitian akan menjadi jelas. Adapun tujuan yang akan dicapai yaitu mengetahui model distribusi air bersih pada jaringan distribusi PDAM Surabaya, yaitu untuk mengetahui beberapa hal berikut ini :

- Panjang dan diameter pada masing-masing pipa
- Customer, ketebalan dan tekanan air pada masing-masing pipa
- Untuk mengetahui faktor apa yang dapat mempengaruhi aliran air tidak lancar

Dapat menentukan nilai batasan atas dan bawah setiap factor

Apabila arah penelitian jelas maka akan mudah dalam menginterpretasikan tujuan melalui serentetan kegiatan yang nantinya akan dilaksanakan.

III.2 Tahap Pengolahan Data

III.2.1 Pengumpulan Data

Meliputi pengumpulan informasi yang berisi data-data yang diperlukan untuk penyelesaian masalah dan pengolahan data secara bertahap. Semua data yang dikumpulkan berupa data sekunder yang diperlukan dalam pemodelan jaringan distribusi air PDAM Surabaya. Data-data tersebut meliputi, data jaringan pipa PDAM seperti panjang, diameter, tekanan, ketebalan dan jumlah pelanggan (*customer*).

III.2.2 Menghitung Hazards

Fungsi Hazard, $h(t)$, mendefinisikan laju kegagalan dari suatu jaringan pipa air pada suatu jaringan dengan waktu yang ditetapkan yaitu t , hal ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$h(t) = \lim_{\Delta t} \left[\frac{p(t \leq T < t + \Delta t / T \geq t)}{\Delta t} \right]$$

III.2.3 Menghitung Regresi

Analisa regresi Cox merupakan analisis yang digunakan untuk menganalisa data waktu kejadian dan untuk mengetahui hubungan waktu kejadian dengan salah satu variabel bebasnya. Bentuk umum regresi Cox adalah :

$$h_i(t; x) = h_o(t) \exp(\beta, x_i)$$

Dengan :

β = Vektor koefisien regresi berdimensi \mathcal{P}

$h_o(t)$ = Fungsi hazard dasar (*baseline hazard function*)

Fungsi eksponensial harus h positif untuk setiap β sehingga bentuk umum regresi Cox adalah :

$$h_i(t) = h_o(t) \cdot \exp(\beta_1 X_{i1}(t) + \dots + \beta_p X_{ip}(t))$$

$$\log h_i(t) = \log h_o(t) + \beta_1 X_{i1}(t) + \dots + \beta_p X_{ip}(t)$$

Nilai $\exp \beta_p X_{ip}(t)$ adalah hazards pada saat t dalam suatu penelitian dengan variabel independen X relatif terhadap hazards penelitian dengan variabel independen bernilai nol

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan melihat data maka, nilai dari tiap variabel Xnya adalah

1. Panjang : Batas bawah = 41,87 m
Batas atas = 140,008 m
2. Diameter : Batas bawah = 75
Batas atas = 150
3. Ketebalan : Batas bawah = 5 m
Batas atas = 10 m
4. Tekanan : Batas bawah = 1,9
Batas atas = 317,93
5. Jumlah pelanggan yang dilalui : Batas bawah = 9 rumah
Batas atas = 9242 rumah

Setelah melihat data yang sudah tersedia maka dijalankan dengan menggunakan program SPSS. Hasilnya akan muncul seperti di tabel di bawah ini :

Tabel 1. Output Regresi Cox

Covariate	B	SE	df	Sig.	Exp(β)	Lower	Upper
Panjang	-0.096	0.063	1	0.127	0.908	0.803	1.028
Diameter	0.051	0.033	1	0.122	1.052	0.986	1.122
Ketebalan	-1.098	0.545	1	0.044	0.334	0.115	0.971
Tekanan	0.593	0.34	1	0.081	1.809	0.93	3.519
Pelanggan	0	0	1	0.048	0.999	0.999	1

Kolom (β) menunjukkan koefisien (β) variabel, dapat bernilai positif atau negatif. Kolom Exp (β) menunjukkan hasil eksponen dari (Exp (β)).

4.3 Pemodelan Regresi Cox

Model Cox Proportional Hazards Model

Dengan software SPSS, diperoleh model regresi Cox untuk korespondensi ke- i sebagai berikut :

$$h_i(t) = \exp(-0,096x_1 + 0,051x_2 - 1,098x_3 + 0,593x_4 + 0)h_0(t)$$

Dilakukan pengujian serentak pada awal dengan perhitungan statistik :

Hipotesis :

$$h_0(t); \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$$

maka variabel bebas bukan merupakan penjelas yang signifikan terhadap variabel terikat

$$h_1(t); \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq 0$$

maka variabel bebas merupakan penjelas yang signifikan terhadap variabel terikat.

Taraf Signifikan : $\alpha = 0,1$

$$\text{Statistik Uji} : F = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - \bar{y})^2}{\sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_j)^2}$$

$$\hat{y}_i = \text{Exp}(\beta) h_o(t) = \text{Exp}(5,102) h_o(t) = 4,527636231 h_o(t)$$

$$\hat{y}_i = \log \left[\frac{h_o(t)}{4,527636231 h_o(t)} \right] = \log \left[\frac{1}{4,527636231} \right] = \log 0,2208658 = -0,655871526$$

$$F_{hitung} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{(-0,655871526 - 2639,64)^2}{(46,54565 - 1,861826)^2} = \frac{6971162,289}{1996,644127} = 3491,439558$$

$$F_{tabel} = F_{INV}(\alpha, k - 1, n - k) = F_{INV}(0,1, 5 - 1, 25 - 5) = F_{INV}(0,1, 4, 20) = 2,248934402$$

Kriteria Uji : Tolak h_0 jika $F_{hitung} < F_{tabel}$. Terima h_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

Keputusan : Dari perhitungan diatas $F_{hitung} > F_{tabel}$, $3491,43558 > 2,248934402$ maka h_0 diterima

Kesimpulan : Model secara keseluruhan signifikan Interpretasi model terbaik berdasarkan hasil pada tabel output regresi *cox* adalah :

pengaruh dari variabel tersebut. Pada variabel ketebalan, nilai β yang diperoleh adalah sebesar -

1,098. Artinya, jika ketebalan pipa bertambah sebesar 1cm maka laju kegagalan jaringan pipa PDAM akan turun sebesar 109,8%. Untuk variable tekanan nilai β yang diperoleh adalah 0,593 yang artinya jika tekanan pipa naik satu satuan, laju kerusakan jaringan pipa akan naik sebesar 59,3%. Sedangkan pada variable pelanggan nilai β yang diperoleh adalah 0 artinya perubahan jumlah pelanggan tidak memberikan perubahan presentase resiko kegagalan jaringan pipa PDAM. Berdasarkan hasil diatas diketahui bahwa ketebalan memberikan pengaruh yang paling besar terhadap resiko kegagalan jaringan distribusi air PDAM.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Tabel 1 adalah hasil regresi cox dengan SPSS, berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa variabel yang berpengaruh terhadap resiko kerusakan kegagalan dalam jaringan distribusi air PDAM adalah variabel ketebalan pipa tekanan dalam pipa dan jumlah pelanggan. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai signifikansi dari ketiga variabel yang lebih kecil dari $\alpha = 10\%$ yang artinya ketiga variabel tersebut berpengaruh terhadap laju kegagalan distribusi jaringan air PDAM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.L Rahmah, Suhardjono, M. Suwanto, Jurnal Optimasi dan simulasi sistem penyediaan jaringan air bersih dikecamatan kademangan kabupaten Blitar.
- [2] Kleinbaum, David G., & Klein, Mitchel, 2005, *Survival analysis : A Self-Learning Text (2nd ed)*, New York: Springer
- [3] Safety, Reliability and Risk Analysis : *Theory, Method and Applications – Martorell et al. (eds) 2009*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-48513-5
- [4] Cox, D.R. (1972). *Regression models and life tables (with discussion)*. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series B 34:187-220.
- [5] Risk J. & Tchorzewska B. 2006. *Review of matrix method for risk assesment in water supply system*. *Journal of Konbin*, Krakow.
- [6] Tchorzewska-Cieslak B. & Rak J. 2006. *Analysis of risk connected with water supply system operating by means of the logical trees method*. *Journal of Konbin*, t.1, z.1, s. 315-322. Krakow.
- [7] Tchorzewska-Cieslak B. & Wloch A. 2006. *Method for risk assesment in water supply systems. IV international Probabilistic Symposium*. BAM. S.279-288, Berlin.
- [8] <http://midihsaputra.blogspot.com/2014/05/statistika-korelasi-dan-regresi.html>