

# ANALISIS RISIKO KANDUNGAN LOGAM KROMIUM HEKSAVALEN ( $\text{Cr}^{6+}$ ) DAN ARSEN ( $\text{As}$ ) DALAM AIR MINUM

Ahmad Mursidi

Dinas Kesehatan Kabupaten Pandeglang, Jl. Bhayangkara No. 3 Pandeglang  
E-mail: Diepermasandi@yahoo.co.id

**Abstract: Risk Analysis Metal Content of Hexavalent Chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) and arsenic ( $\text{As}$ ) in drinking water.** The research objective is to determine estimates of health risks from exposure to hexavalent chromium metal and arsenic in drinking water. Research conducted on Kalanganyar population that uses clean water supply wells for drinking water as many as 200 people, and the examination of samples of drinking water as many as 32 samples. Design research using cross sectional design using descriptive analytic method. The results showed that the percentage of respondents who have a non-cancerous disease risk due to exposure to hexavalent chromium ( $\text{RQ} \geq 1$ ) by 16%, while the percentage of respondents that have exceeded the risk of non-cancer diseases due to exposure to arsenic ( $\text{RQ} \geq 1$ ) by 59%. The risk of cancer due to arsenic exposure on average the respondents amounted to 1.5 per 10,000 population. The concentration of hexavalent chromium have relation with health risk ( $p < 0.05$ ) with  $r = 0.927$ . Arsenic concentrations also have a relationship with a health risk ( $p < 0.05$ ) with  $r = 0.936$ .

**Keywords:** Hexavalent Chromium, arsenic, drinking water

**Abstrak : Analisis Risiko Kandungan Logam Kromium Heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) Dan Arsen ( $\text{As}$ ) Dalam Air Minum.** Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui perkiraan risiko kesehatan akibat pajanan logam kromium heksavalen dan arsen dalam air minum. Penelitian dilakukan terhadap penduduk Kalanganyar yang menggunakan sarana air bersih sumur gali sebagai sumber air minum sebanyak 200 orang, dan pemeriksaan sampel air minum sebanyak 32 sampel. Rancang penelitian menggunakan desain *Cross Sectional* dengan menggunakan metode deskriptif analitik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase responden yang mempunyai risiko penyakit non kanker akibat pajanan kromium heksavalen ( $\text{RQ} \geq 1$ ) sebesar 16%, sedangkan persentase responden yang telah melampaui batas risiko penyakit non kanker akibat pajanan arsen ( $\text{RQ} \geq 1$ ) sebesar 59%. Besar risiko kanker akibat pajanan arsen rata-rata pada responden sebesar 1,5 per 10.000 penduduk. Konsentrasi kromium heksavalen terbukti mempunyai hubungan dengan risiko kesehatan ( $p < 0,05$ ) dengan nilai  $r = 0,927$ . Konsentrasi arsen juga mempunyai hubungan dengan risiko kesehatan ( $p < 0,05$ ) dengan nilai  $r = 0,936$ .

**Kata kunci :** kromium heksavalen, arsen, air minum.

Air sangat penting bagi kehidupan, manusia membutuhkan air tidak kurang dari 2 liter per harinya, akibat kekurangan air selama 4 hari maka seseorang akan mengalami kematian akibat dehidrasi. Kualitas air yang baik penting untuk memelihara kesehatan. Air yang layak minum memenuhi standar persyaratan tertentu, yaitu fisik, kimia, bakteriologis dan radioaktivitas.

Beberapa zat kimia yang terlarut dalam air berasal dari hasil proses alam, yang kandungannya dibutuhkan untuk asupan makanan dan ada juga yang berbahaya bagi kesehatan jika melebihi konsentrasi

tertentu. Untuk melakukan penilaian kesehatan oleh zat tersebut dilakukan pengelompokan bahan kimia dalam air minum dalam tiga jenis (Yasii *et al*, 2001): *Pertama*, Bentuk Zat (macam-macam logam, nitrat, cyanida) yang bersifat racun akut dan atau kronik ketika terminum. *Kedua*, Zat genotoksik (organik sintetik, mikroorganik khlorin, pestisida, chromium dan arsen) yang menyebabkan efek kesehatan seperti karsinogen, mutagen dan cacat lahir. *Ketiga*, Unsur penting (flouride iodin, selenium dan zink) yang merupakan bagian terpenting dalam makanan untuk kesehatan manusia.

Banyak logam yang mendapat perhatian sebagai kontaminan lingkungan dan bahaya yang potensial, misalnya *arsen*, *cadmium*, *chromium* dan timbal, yang secara ekstensif terdistribusi di lingkungan. Air minum merupakan jalur paparan yang dikenal baik sebagai media paparan logam tersebut. Kandungan arsen dalam air tanah berkisar di atas 50 µg/liter (0,05 mg/l) di delapan daerah dari 16 wilayah di Bengal Barat India yang berpenduduk lebih dari 34 juta orang dengan luas wilayah 37.493 km<sup>2</sup>. (International Epidemiological Association, 1998). Kandungan arsen di tanah berkisar antara 0.2 to 40 µg/g (jarang melebihi 10 µg/g) dan pada udara kota berkisar antara 0.02 µg/m<sup>3</sup>, tetapi untuk penduduk umumnya polutan utama adalah arsen inorganik masuk melalui pencernaan. Walaupun persediaan air minum utama Amerika Serikat berisi kandungan arsen lebih kecil 5 µg/L, telah diperkirakan sekitar 350,000 orang mungkin minum air yang mengandung lebih dari 50 µg/L, standar untuk arsenik dirancang oleh *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) (EHP, 1992).

Faktor lingkungan adalah penyebab utama suatu bencana kematian, kesakitan dan cacat secara menyeluruh. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan bahwa dampak dari kurangnya air yang berkualitas dan pemenuhan air bersih yang baik dapat menyebabkan sekitar 25% kematian dan kesakitan di dunia. Keterpaparan oleh logam merupakan salah satu faktor yang berperan dalam mempengaruhi kualitas air bersih. Dua jenis logam yang terpenting diantaranya adalah kromium dan arsen.

Gejala dari racun arsen kronik antara lain sakit kepala, perasaan bingung, tertawa terbahak-bahak, dan perubahan pigmen kuku pada jari. Sedangkan gejala racun arsenik akut antara lain muntah-muntah, diare, kencing darah, kehabisan tenaga, kejang otot, merontoknya rambut, infeksi kulit, dan sakit perut (Tempo, 2004).

Menghirup dalam konsentrasi tinggi dari arsen inorganik dapat menyebabkan iritasi kerongkongan dan paru-paru. Menelan konsentrasi sangat tinggi dari arsen inorganik dapat mengakibatkan kematian. Paparan rendah dapat menyebabkan mual dan muntah, penurunan produksi sel darah merah dan putih, denyut nadi tidak normal dan sensasi penderitaan di tangan dan kaki (ATSDR, 2007).

Studi tentang distribusi kromium dalam jaringan tubuh menunjukkan bahwa kromium terakumulasi utamanya di hati dan ginjal setelah terpajan akut (pada anak umur 14 tahun yang menelan 7,5 mg kromium heksavalen/kg berat badan). Studi Otopsi menunjukkan bahwa kandungan dalam hati dan limpa meningkat sampai umur 20 tahun, dan terjadi penurunan setelah itu. Studi terbaru pada sukarelawan manusia (Kerger *et al.*, 1997). Setelah paparan, kromium

ditemukan pada hati, ginjal, limpa, rambut, jantung dan sel darah merah pada tikus (Aguilar *et al.*, 1997).

Hasil uji petik yang dilakukan oleh Laboratorium kesehatan daerah (Labkesda) Kabupaten Pandeglang terhadap sampel air di kampung Carangpulang Kelurahan Kalanganyar menunjukkan bahwa kandungan arsen (0,02 mg/L) dan kromium heksavalen (0,06 mg/L), yang melebihi nilai ambang batas Kepmenkes nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 sebesar 0,01 mg/L untuk arsen dan 0,05 untuk kromium heksavalen.

Analisis risiko kesehatan adalah karakterisasi efek-efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh paparan bahaya lingkungan (NRC, 1983). Analisis risiko merupakan suatu alat pengelolaan risiko, yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik (US-EPA, 1991).

Pada awalnya analisis risiko digunakan dalam bidang pengendalian radiasi, bukan dalam industri kimia. Analisis risiko yang intensif telah dilakukan tahun 1975 untuk menyelidiki kematian karena kanker yang disebabkan oleh kebocoran reaktor nuklir. Teknik-teknik analisisnya kemudian diadopsi oleh *Food and Drug Administration Amerika Serikat*. US-EPA selanjutnya menerbitkan pedoman tentang analisis risiko karsinogenik tahun 1986. Kini analisis risiko digunakan untuk berbagai bahaya lingkungan, termasuk bahaya fisik dan biologi. Ditingkat internasional saat ini ada beberapa model analisis risiko kesehatan yang dikembangkan oleh Kanada, Amerika Serikat, Inggris dan Australia. Meskipun secara mendasar proses-proses analisis risiko adalah sama, beberapa istilah yang sedikit berbeda banyak digunakan untuk setiap langkah atau proses. International Life Science Institut mencatat ada 6 model analisis risiko yang masing-masing menggunakan terminologi agak berbeda, yaitu *enHealth EHRA (Australia)*, *International Life Science Institute-Risk Science Institute*, *US EPA Ecological Risk assessment*, *NAS-NRC Risk Assessment (AS)*, *Codex Risk assessment (WTO)* dan *OIE Import Risk Assessment*. Namun model-model itu masih tetap sesuai dengan paradigma risk analysis, yang dikembangkan oleh *National Academic of Science* Amerika Serikat (NRC, 1983).

## METODE

Desain penelitian ini yaitu studi *Cross Sectional* untuk mengetahui besaran masalah kualitas air minum, pola aktivitas, antropometri dan demografi penduduk. Kemudian dilakukan analisis risiko kesehatan lingkungan untuk memperkirakan risiko kesehatan non kanker dan kanker yang disebabkan oleh logam

kromium heksavalen dan arsen yang terkandung dalam air minum. Studi ini dilaksanakan di Kelurahan Kalanganyar Kecamatan Pandeglang Kabupaten Pandeglang.

Studi analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan salah satu model kajian efek lingkungan terhadap kesehatan, yang diawali dengan perumusan masalah (identifikasi isu), identifikasi bahaya, karakteristik bahaya (analisis dose-respons), analisis pajanan, dan karakteristik risiko (IPCS, 2004a).

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode klaster dalam hal ini klasternya RW yang dipilih dengan metode PPS (Probability Proportionate to Size). Untuk menentukan besar sampel minimal maka dihitung dengan menggunakan rumus yang sama dengan rumus metode sampel acak sederhana kemudian mengalikannya dengan efek desain (design effect) (Ariawan, 1998). WHO menggunakan efek desain 2 untuk survei prevalensi imunisasi.

Berdasarkan rumus sampel acak sederhana maka besar sampel minimal yang diperlukan adalah 200 responden, dengan confidence interval sebesar 95%.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, baik data yang berasal dari populasi manusia ataupun dari sampling lingkungan (air minum).

Data diperoleh melalui wawancara menggunakan kuesioner dan data kualitas air diperoleh dari pemeriksaan dan analisis kimia terhadap air minum.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program komputer dengan melakukan analisa Univariat yaitu untuk memperoleh gambaran pada masing-masing variabel independen dan dependen. Analisa Bivariat dilakukan untuk mengetahui hubungan antara 2 variabel, yaitu antara variabel independen (konsentrasi kromium heksavalen dan arsen dalam air minum, laju asupan, durasi pajanan, frekuensi pajanan, dan berat badan) dengan variabel dependen risiko kesehatan. Disamping dilakukan uji *Chi Square* untuk data dengan variabel katagorik dikotomi, tujuan ini dilakukan untuk menguji perbedaan proporsi/persentase antara beberapa kelompok data.

## HASIL

Hasil analisis univariat terhadap kandungan logam kromium dan arsen ( $C$ ), laju konsumsi ( $R$ ), frekuensi pajanan tahunan ( $f_E$ ), durasi pajanan ( $D$ ), berat badan ( $W_b$ ) dan besar risiko kesehatan ( $RQ$ ) maka dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.**  
**Distribusi Frekuensi Variabel Risk agent (Kromium dan Arsen) Laju konsumsi Frekwensi pajanan tahunan Durasi pajanan Berat badan dan Risiko Kesehatan Penduduk di Kelurahan Kalanganyar Tahun 2014**

Variabel	Mean Median	SD	Min – Mak	95% CI	Uji Normalitas P value
Konsentrasi Arsen ( $C_{As}$ )	0.015 0.010	0.016	0 – 0.05	0.013 – 0.018	0,000< P value
Konsentrasi Kromium ( $C_{Cr6+}$ )	0.036 0.030	0.030	0 – 0.11	0.032 – 0.040	0,000< P value
Laju konsumsi air minum ( $R$ )	2.015 2.00	0.56	1 – 3.5	1.94 – 2.09	0,000< P value
Frekwensi pajanan tahunan ( $F_E$ )	Data tidak dapat diolah karena homogen (Frekwensi pemajanan adalah 365 hari/tahun)				
Durasi pajanan ( $D$ )	18.32 18.00	11.08	1 - 45	16.78 – 19.86	0,001< P value
Berat badan ( $W_b$ )	49.64 50.00	7.21	30 - 75	48.64 – 50.64	0,002< P value
Risiko kesehatan akibat Arsen	2,21 1,32	2,40	0.0 – 9,42	1.88 – 2,55	0,000< P value
Risiko kesehatan akibat kromium	0.504 0.38	0.45	0.0 – 2.120	0.44 – 0.57	0,000< P value

Hasil analisis univariat yang ditabulasi pada tabel 1 kemudian dilakukan pengkatagorikan dikotomi, kemudian ditabulasi kembali seperti pada tabel 2.

Tabel 2.

**Distribusi Frekwensi Variabel Kategorik Risk agent (Kromium dan Arsen) Laju konsumsi Frekwensi pajanan tahunan Durasi pajanan Berat badan dan Risiko Kesehatan Penduduk di Kelurahan Kalanganyar Tahun 2014**

Variabel	n	(%)
Konsentrasi Kromium Dalam Air Minum		
⊕ > 0,05 mg/liter	41	20,50
⊕ ≤ 0,05 mg/liter	159	79,50
Konsentrasi Arsen Dalam Air Minum		
⊕ > 0,01 mg/liter	80	40
⊕ ≤ 0,01 mg/liter	120	60
Laju konsumsi air minum		
⊕ > 2 liter	71	35,50
⊕ < 2 liter	129	64,50
Durasi pajanan		
⊕ > 30 tahun	26	13,50
⊕ < 30 tahun	174	87,50
Berat badan		
⊕ > 50 kg	83	41,50
⊕ < 50 kg	117	58,50
Risiko kesehatan akibat Arsen		
⊕ > 1	118	59
⊕ ≤ 1	82	41
Risiko kesehatan akibat kromium		
⊕ > 1	32	16
⊕ ≤ 1	168	84

Untuk mengetahui hubungan, pola hubungan dan bentuk hubungan antara risk agent (kromium dan arsen), pola aktivitas (frekuensi pajanan dan durasi pajanan) dan antropometri penduduk (berat badan dan laju asupan) dengan risiko kesehatan (RQ), maka dilakukan analisis korelasi dan regresi untuk melakukan hubungan antara variabel independen dan dependen yang jenis datanya bersifat numerik (Hastono, 2001).

**Tabel 3**  
**Hasil Analisis Korelasi dan Regresi Kandungan Kromium, Laju asupan, Durasi pajanan dan Berat badan dengan Risiko kesehatan**

Variabel	R	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	P value
Kromium (C)	0,927	0,859	$Y = 0,003 + 14,023 * C$	0,000
Laju asupan (R)	0,336	0,113	$Y = -0,032 + 0,266 * R$	0,000
Durasi pajanan (Dt)	0,046	0,002	$Y = 0,471 + 0,002 * Dt$	0,520
Berat badan (Wb)	-0,160	0,025	$Y = 0,996 - 0,010 * Wb$	0,024

Hubungan antara konsentrasi kromium dengan risiko kesehatan (RQ) menunjukkan hubungan yang sangat kuat ( $r = 0,927$ ) dan perpola positif, artinya semakin tinggi konsentrasi kromium dalam air minum, maka semakin tinggi risiko kesehatannya. Hasil uji ststistik didapatkan ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi kromium dengan risiko kesehatan ( $P v = 0,000$ ).

**Tabel 4**  
**Hasil Analisis Korelasi dan Regresi Kandungan Arsen, Laju asupan, Durasi pajanan dan Berat badan dengan Risiko kesehatan**

Variabel	R	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	P value
Arsen (C)	0,936	0,877	$Y = 0,059 + 137,194 * C$	0,000
Laju asupan (R)	0,284	0,081	$Y = -0,228 + 1,212 * R$	0,000
Durasi pajanan (Dt)	0,080	0,006	$Y = 1,896 + 0,017 * Dt$	0,261
Berat badan (Wb)	0,142	0,020	$Y = 4,56 - 0,047 * Wb$	0,045

Berdasarkan tabel 4. terlihat bahwa hubungan antara konsentrasi arsen dengan risiko kesehatan (RQ) menunjukkan hubungan yang sangat kuat ( $r = 0,936$ ) dan perpola positif, artinya semakin tinggi konsentrasi arsen dalam air minum, maka semakin tinggi risiko kesehatannya. Hasil uji ststistik didapatkan ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi kromium dengan risiko kesehatan ( $P value = 0,000$ ).

Hasil uji statistik diketahui nilai  $P value$  0,000 ( $Pv < 0,05$ ), artinya terdapat hubungan yang signifikan antara laju asupan (R) air minum dengan risiko kesehatan. Hubungannya bersifat sedang ( $r = 0,336$ ) dan berpola positif, artinya semakin besar laju asupan maka semakin besar risiko kesehatan yang akan terjadi.

Berdasarkan tabel 3 hubungan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan (RQ) menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,046$ ) dan perpola positif, artinya semakin lama, maka semakin tinggi risiko kesehatannya. Hasil uji statistik didapatkan ada hubungan yang tidak signifikan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan ( $P\ value = 0,246$ ).

Hubungan antara berat badan dengan risiko kesehatan berpola negatif, artinya semakin ringan berat badan maka semakin besar risiko kesehatan. Hubungan sangat lemah ( $r = (-) 0,160$ ).

Hasil uji statistik didapatkan ada hubungan yang signifikan antara berat badan dengan risiko kesehatan ( $P\ value = 0,024$ ).

*Chi Square* digunakan untuk menguji perbedaan proporsi/persentase antara beberapa kelompok data yaitu kelompok data yang berisiko dengan kelompok yang tidak berisiko akibat paparan *risk agent* (kromium dan arsen) akibat konsumsi air minum. Dilihat dari segi datanya uji ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel kategorik dengan variabel katagorik (Hastono, 2001). Sebelum melakukan uji *Chi Square*, data tersebut di lakukan pengkatagorikan terlebih dahulu, hal ini dikarenakan datanya bersifat numerik seperti kandungan *risk agent* (kromium dan arsen), pola aktivitas (laju pajanan dan durasi pajanan), antropometri (laju asupan dan berat badan

**Tabel 5**  
Hasil Analisis *Chi Square* Konsentrasi Kromium (C) Laju konsumsi (R) Durasi pajanan (Dt) Berat badan (Wb) dengan Risiko Kesehatan (RQ)

Variabel	Risiko Kesehatan				Total		OR 95% CI	P Value
	Ya (> 1)		Tidak ( $\leq 1$ )		N	%		
	n	%	n	%				
Konsentrasi kromium dalam air minum								
⊕ > 0,05 mg/liter	32	78,0	9	22,0	41	100	0,22 0,12 – 0,391	0,000
⊕ $\leq 0,05$ mg/liter	0	0	159	100	159	100		
Laju konsumsi air minum								
⊕ > 2 liter	15	21,1	56	78,9	71	100	1,76 0,821 – 3,792	0,206
⊕ < 2 liter	17	13,2	112	86,8	129	100		
Durasi pajanan								
⊕ > 30 tahun	6	23,1	20	76,9	26	100	1,78 0,626 – 4,656	0,442
⊕ < 30 tahun	26	14,9	148	85,1	174	100		
Berat badan								
⊕ > 50 kg	6	7,2	77	92,8	83	100	3,66 1,435 – 9,369	0,008
⊕ < 50 kg	26	22,2	91	77,8	117	100		

Hasil analisis hubungan antara konsentrasi kromium dalam air minum dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh sebanyak 32 (78,0%) dari 41 orang mempunyai risiko kesehatan karena mengkonsumsi air minum yang mengandung kromium > 0,05 mg/liter. Sedangkan responden yang mengkonsumsi air minum kandungan kromium  $\leq 0,05$  mg/liter mempunyai risiko kesehatan sebanyak 0%. Hasil uji statistik diperoleh nilai  $P\ value = 0,000$  maka dapat disimpulkan Ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara konsentrasi kromium > 0,05 mg/liter dengan konsentrasi kromium < 0,05 mg/liter. (Ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi dengan risiko kesehatan).

Pada tabel 5 digambarkan bahwa hubungan laju konsumsi air minum/laju asupan dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh bahwa 15 orang (21,1%)

dari 71 orang mengkonsumsi air minum sebanyak > dari 2 liter/hari mereka bersisiko mempunyai gangguan kesehatan. Sedangkan responden yang mempunyai risiko gangguan kesehatan karena mengkonsumsi air minum < dari 2 liter/hari sebanyak 17 orang (13,2%).

$P\ value$  hasil uji statistik adalah 0,206, maka dapat dikatakan bahwa Tidak ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara laju asupan/konsumsi air > 2 liter/hari dengan laju asupan < 2 liter/hari. (Tida ada hubungan yang signifikan antara laju asupan dengan risiko kesehatan)

Dari hasil analisis juga dapat dilihat bahwa nilai OR = 1,76, artinya penduduk yang laju konsumsi air minum > 2 liter/hari mempunyai peluang 1,76 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang laju asupan air minumnya < dari 2 liter/hari.

Hubungan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh sebanyak 6 (23,1%) dari 26 orang yang mempunyai risiko kesehatan karena durasi pajanannya > 30 tahun. Sedangkan responden yang durasi pajanannya < 30 tahun dan mempunyai risiko kesehatan sebanyak 26 orang (14,9%). Diperoleh nilai *P value* = 0,442 maka dapat disimpulkan Tidak ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara durasi pajanan > 30 tahun dengan durasi pajanan < 30 tahun. (Tidak ada hubungan yang signifikan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan).

Sementara itu nilai OR=1,78, artinya bahwa penduduk yang durasi pajanan > 30 tahun lebih mempunyai peluang 1,78 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang durasi pajanannya < 30 tahun. Berdasarkan tabel 5. maka dapat dilihat bahwa orang yang mempunyai berat badan < dari 50 kg lebih banyak yang berisiko (22,2%) dibandingkan dengan orang yang mempunyai berat badan > dari 50 kg (7,2%). Hasil uji statistik diperoleh nilai *P value* = 0,008 dengan OR = 3,66. Dengan

responden yang mengkonsumsi air minum kandungan arsen  $\leq 0,01$  mg/liter mempunyai risiko kesehatan sebanyak 38 (31,70%).

Hasil uji statistik diperoleh nilai *P value* = 0,000 maka dapat disimpulkan Ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara konsentrasi arsen > 0,01 mg/liter dengan konsentrasi arsen < 0,01 mg/liter. (Ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi dengan risiko kesehatan).

Hasil uji statistik dan analisis juga diperoleh nilai OR= 3,158, artinya penduduk yang mengkonsumsi air minum dengan kandungan arsen > 0,01 mg/liter lebih mempunyai peluang 3,158 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang kandungan arsennya  $\leq 0,01$  mg/liter.

Pada tabel 6. digambarkan bahwa hubungan laju konsumsi air minum/laju asupan dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh bahwa 51 orang (71,8%) dari 71 orang mengkonsumsi air minum sebanyak > 2 liter/hari mereka bersiko mempunyai gangguan kesehatan. Sedangkan responden yang mempunyai

**Tabel 6.**  
Hasil Analisis *Chi Square* Konsentrasi Arsen (C) Laju konsumsi (R)  
Durasi pajanan (Dt) Berat badan (Wb) dengan Risiko Kesehatan (RQ)

Variabel	Risiko Kesehatan				Total		OR 95% CI	P Value
	Ya (> 1)		Tidak ( $\leq 1$ )		N	%		
	n	%	n	%				
Konsentrasi Arsen Dalam Air Minum								
⊕ > 0,01 mg/liter	80	100	0	0	80	100	3,158 2,428 – 4,107	0,000
⊕ $\leq 0,01$ mg/liter	38	31,7	82	68,3	120	100		
Laju konsumsi air minum								
⊕ > 2 liter	51	71,8	20	28,2	71	100	2,36 1,267 – 4,395	0,010
⊕ < 2 liter	67	51,9	62	48,1	129	100		
Durasi pajanan								
⊕ > 30 tahun	18	69,2	8	30,8	26	100	1,665 0,687 – 4,036	0,356
⊕ < 30 tahun	100	57,5	74	42,5	174	100		
Berat badan								
⊕ > 50 kg	47	56,6	36	43,4	83	100	1,182 0,668 – 2,093	0,668
⊕ < 50 kg	71	60,7	46	39,3	117	100		

demikian dapat disimpulkan bahwa Ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara responden yang berat badannya > dari 50 kg dengan responden yang berat badannya < 50 kg. (Ada hubungan yang signifikan antara berat badan dengan risiko kesehatan).

Hasil analisis hubungan antara konsentrasi arsen dalam air minum dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh sebanyak 80 (100%) mempunyai risiko kesehatan karena mengkonsumsi air minum yang mengandung arsen > 0,01 mg/liter. Sedangkan

risiko gangguan kesehatan karena mengkonsumsi air minum < dari 2 liter/hari sebanyak 67 orang (51,9%).

*P value* hasil uji statistik adalah 0,010, maka dapat dikatakan bahwa Ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara laju asupan/konsumsi air > 2 liter/hari dengan laju asupan < 2 liter/hari. (Ada hubungan yang signifikan antara laju asupan dengan risiko kesehatan) Dari hasil analisis juga dapat dilihat bahwa nilai OR = 2,36, artinya penduduk yang laju konsumsi air minum > 2 liter/hari mempunyai peluang 2,36

kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang laju asupan air minumannya < dari 2 liter/hari.

Hubungan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan (RQ) diperoleh sebanyak 18 (69,2%) dari 26 orang yang mempunyai risiko kesehatan karena durasi pajanannya > 30 tahun. Sedangkan responden yang durasi pajanannya < 30 tahun dan mempunyai risiko kesehatan sebanyak 100 orang (57,5%). Diperoleh nilai *P value* = 0,536 maka dapat disimpulkan Tidak ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara durasi pajanan > 30 tahun dengan durasi pajanan < 30 tahun. (Tidak ada hubungan yang signifikan antara durasi pajanan dengan risiko kesehatan).

Sementara itu nilai OR = 1,66, artinya bahwa penduduk yang durasi pajanan > 30 tahun lebih mempunyai peluang 1,66 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang durasi pajanannya < 30 tahun.

Berdasarkan tabel 6 maka dapat dilihat bahwa orang yang mempunyai berat badan < dari 50 kg lebih banyak yang berisiko (60,7%) dibandingkan dengan orang yang mempunyai berat badan > dari 50 kg (56,6%). Hasil uji statistik diperoleh nilai *P value* = 0,668 dengan OR = 1,182. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Tidak ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara responden yang berat badannya > dari 50 kg dengan responden yang berat badannya < 50 kg. (Tidak Ada hubungan yang signifikan antara berat badan dengan risiko kesehatan)

Manifestasi efek sistemik nonkanker yang potensial dihitung dengan lama pajanan kurang dari 30 tahun (Louvar, 1988). Risiko nonkanker yang diperhitungkan dalam analisis risiko ini adalah pajanan kromium dan arsen

Hasil perhitungan diperoleh bahwa RQ = 0,40. Dengan demikian bahwa risiko kesehatan akibat paparan kromium yang berasal dari air minum bagi penduduk Kelurahan Kalnganyar masih kecil (RQ < 1)

Hasil perhitungan RQ individu pada masing-masing responden pada penduduk Kelurahan Kalanganyar hanya 16% yang mempunyai nilai RQ > 1, lihat tabel 2.

Hasil perhitungan diperoleh juga bahwa nilai RQ = 1,32. Dengan demikian bahwa risiko kesehatan akibat pajanan arsen yang berasal dari air minum bagi penduduk Kelurahan Kalnganyar sudah dianggap berisiko kesehatan non kanker (RQ > 1), sehingga perlu dilakukan upaya pengendaliannya.

Hasil perhitungan RQ individu pada masing-masing responden pada penduduk Kelurahan Kalanganyar hanya 59% yang mempunyai nilai RQ > 1, lihat tabel 2.

## PEMBAHASAN

### Konsentrasi Kromium dan Arsen

Rata-rata konsentrasi kromium dan arsen masing-masing adalah 0,030 mg/liter dan 0,010 mg/liter. Sebanyak 20,50% masyarakat telah mengkonsumsi air minum yang mengandung kromium > 0,05 mg/liter dan 40% masyarakat telah mengkonsumsi air minum yang mengandung arsen > 0,01 mg/liter.

Hubungan antara konsentrasi kromium dengan risiko kesehatan menunjukkan hubungan yang sangat kuat ( $r=0,927$ ) maka risiko kesehatannya akan semakin tinggi. Hasil uji ststistik didapatkan ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi kromium dengan risiko kesehatan.

Hubungan konsentarsi arsen dengan risiko kesehatan sangat kuat ( $r =0,936$ ) maka dengan demikian semakin tinggi risiko kesehatannya, kemudian hasil uji statistik menunjukkan hubungan yang signifikan antara konsentrasi arsen dan risiko kesehatan.

Kandungan arsen di alam rata-rata 2-5 ppm, sumber arsen berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil terutama batu bara, pertambangan tembaga, emas dan timbal yang telah melebihi kebutuhan komersial, kemudian dibuang ke lingkungan, dimana sebagian besar masuk ke dalam perairan.

Diwilayah India (Bengal) kandungan arsen dalam air tanah berkisar diatas 50 µg/liter (0,05 mg/l), dan bahkan ada beberapa wilayah di dunia seperti Argentina, Banglades, Cili, China, India, Meksiko, Thailand dan Amerika Serikat merupakan daerah yang tercemar oleh arsen secara alami (WHO, 2007)

Kromium didalam air berasal dari pabrik elektroplating, penyamakan kulit dan fasilitas pabrik tekstil. Disamping itu kromium juga dapat masuk ke air tanah melalui leachet dari tanah, terutama yang dekat dengan tempat penampungan sampah. Bahkan contoh kasus di Meksiko air tanah terkontaminasi seluas 5 Km<sup>2</sup> akibat leachet limbah padat industri lebih dari 50 mg/liter kromium heksavalen. (EHP, 1995). Konsumsi air minum yang mengandung arsen ≤ 50µg/lter (0,05) mg/liter mengakibatkan adanya peningkatan risiko kanker paru-paru dan kandung kemih (EHC, 2000). Dalam studi lainnya anak yang berumur 14 tahun mengkonsumsi 1,5 gram potasium dikromat dan mati setelah 8 hari kemudian (EHC, 1988).

### Laju Asupan

Sebagaimana diketahui bahwa 90% masyarakat Kelurahan Kalanganyar menggunakan sumber air tanah untuk kepentingan minum, karena selain

memang kondisi alam mendukung untuk memperoleh sumber air dari air tanah, didukung pula hasil survey yang menunjukkan bahwa rata-rata kedalaman muka air tanah sumur gali masyarakat hanya 4,5 meter sehingga memudahkan untuk memperolehnya.

Hasil wawancara dan hasil analisis dalam tabel 1. konsumsi air minum (laju asupan) harian masyarakat adalah 2,015 liter/hari median 2,00 liter/hari. Pada tabel 2, diketahui bahwa sebanyak 35,50% penduduk mengkonsumsi air minum lebih dari 2 liter per hari.

Laju asupan mempunyai hubungan yang bersifat sedang ( $r = 0,336$ ). Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa penduduk yang laju konsumsi air minum  $> 2$  liter/hari mempunyai peluang 2,36 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang laju asupan air minumannya  $< 2$  liter/hari. US-EPA (1991) menetapkan rata-rata asupan harian air minum untuk orang dewasa 2 liter/hari, sedangkan untuk anak-anak 1 liter/hari.

### Durasi Paparan

Untuk memperkirakan jumlah risk agent yang masuk ke dalam tubuh diperlukan informasi berapa lama penduduk terpajan oleh risk agent tersebut. Dari hasil analisis diperoleh rata-rata masyarakat telah terpajan oleh kromium dan arsen melalui air minum selama 18 tahun dan sekitar 13,50% mereka telah terpajan  $>$  dari 30 tahun. Hal ini disebabkan karena masyarakat Kalanganyar mobilitasnya cukup kecil karena mereka lebih senang berkumpul dengan keluarga dan mereka menetap turun temurun dari nenek moyangnya sehingga disekitar rumah mereka hampir semuanya ada ikatan keluarga.

Di dalam tubuh kromium terakumulasi di hati dan ginjal setelah terpapar akut (pada anak umur 14 tahun yang menelan 7,5 mg kromium/kg berat badan) (Kaufman et al., 1970). Studi Otopsi menunjukkan bahwa kandungan dalam hati dan limpa meningkat sampai umur 20 tahun, dan terjadi penurunan setelahnya.

Pakar toksikologi Indonesia dan Belanda, mengelompokkan dua kategori saat arsen bereaksi. Pertama, waktu akut antara 30 menit sampai 2 jam. Dan waktu alami, antara 2-24 jam. Artinya bila kondisi arsen itu dalam dosis tinggi pada waktu alami. Tetapi itu pun disesuaikan dengan daya tahan tubuh dan kemampuan metabolisme tiap-tiap orang yang berbeda.

Hubungan antara durasi paparan dengan risiko kesehatan menunjukkan hubungan yang lemah ( $r = 0,046$ ) dan penduduk yang durasi paparan  $> 30$  tahun lebih mempunyai peluang 1,78 kali terkena risiko kesehatan dibandingkan dengan responden yang durasi pajanannya  $< 30$  tahun.

### Berat Badan

Berat badan merupakan faktor yang penting dalam analisis risiko kesehatan, dan mempengaruhi besarnya intake dan dosis internal yang diterima individu. Berat badan yang biasa digunakan sebagai referensi studi analisis risiko kesehatan di Amerika Serikat (US EPA) adalah berat badan 70 kg untuk standar orang dewasa normal (Louvar, 1998). Hasil survey di ketahui bahwa median berat badan adalah 50 kg.

Berat badan secara tidak langsung akan mempengaruhi risiko kesehatan, dan dalam penelitian ini berat badan mempunyai hubungan dengan risiko kesehatan walaupun hubungannya sangat lemah ( $r = (-) 0,160$ ), terdapat hubungan yang signifikan antara berat badan dengan risiko kesehatan.

Orang yang mempunyai berat badan  $<$  dari 50 kg lebih banyak yang berisiko (22,2%) dibandingkan dengan orang yang mempunyai berat badan  $> 50$  kg (7,2%). Uji statistik diperoleh nilai  $P$  value = 0,008. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan proporsi risiko kesehatan antara responden yang berat badannya  $> 50$  kg dengan responden yang berat badannya  $< 50$  kg. Pengukuran berat badan sebanyak 200 responden di Kelurahan Kalanganyar menghasilkan nilai median 50 kg. Sedangkan IRIS dalam menetapkan RfC dan RfD menggunakan berat badan 55 kg yang nilai NOAEL dan LOAEL nya berasal dari studi epidemiologi dikawasan Asia. RfD oral arsen ditetapkan IRIS dari NOAEL air minum 0,0009 mg/liter berdasarkan studi Tseng et al (1968) dan Tseng (1997) di Taiwan.

### Risiko Kesehatan

Analisis risiko kesehatan bersifat prediktif untuk melihat apakah suatu risk agent akan mempunyai kemungkinan risiko yang akan mengganggu kesehatan. Risiko selalu ada dan tidak bisa dihilangkan sama sekali dari suatu kegiatan atau usaha. Karena itu yang dapat dilakukan adalah dengan mengendalikan kegiatan yang menjadi sumber risiko. Selain memperkirakan besaran risiko secara kuantitatif, karakterisasi risiko juga bisa merumuskan konsentrasi, jumlah atau intensitas risk agent yang aman untuk setiap media lingkungan. Dalam analisis risiko ini RQ menyatakan kemungkinan risiko yang potensial terjadi, semakin besar nilai RQ di atas 1, semakin besar kemungkinan risiko terjadi.

Median risiko kesehatan kromium 0,38 dan RQ arsen 1,32 dengan risiko terkecil untuk kromium 0,00 dan risiko terbesar 2,12 sedangkan risiko terkecil untuk arsen 0,00 dan risiko terbesar 9,42. Nilai risiko akibat paparan arsen  $> 1$  sebanyak 59% sedangkan nilai risiko akibat paparan kromium  $> 1$  sebanyak

16%. Artinya bahwa risiko kesehatan (RQ) penduduk Kalanganyar akibat pajanan kromium dalam air minumnya sebanyak 16% dan akibat pajanan arsen 59%.

Risiko kesehatan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi *risk agent* berat badan, laju asupan dan durasi pajanan pernyataan ini didukung oleh hasil analisis korelasi dan regresi bahwa faktor tersebut mempunyai signifikansi terhadap risiko kesehatan dimana nilai *P value* < 0,05.

Risiko kesehatan akibat pajanan kromium yang berasal dari air minum bagi penduduk Kelurahan Kalanganyar masih kecil (RQ<1) Sedangkan risiko kesehatan akibat pajanan arsen yang berasal dari air minum bagi penduduk Kelurahan Kalanganyar sudah dianggap berisiko kesehatan non kanker (RQ >1), sehingga perlu dilakukan upaya pengendaliannya.

Hasil perhitungan diketahui perkiraan risiko kanker sebesar  $1,5 \times 10^{-4}$ . Ini artinya diperkirakan akan ada 1,5 tambahan kasus kanker per 10.000, jika pajanan 0,010 mg/liter diasumsikan terjadi seumur hidup.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Logam Kromium Heksavalen (Cr6+) Dan Arsen (As) Dalam Air Minum diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Gambaran kondisi kualitas kimia pada air minum penduduk kelurahan Kalanganyar rata-rata kandungan kromium dan arsen:
  - a). Konsentrasi rata-rata kromium air minum penduduk 0,03 mg/liter, berdasarkan peraturan Kepmenkes nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 bahwa kandungan kromium air minum penduduk masih memenuhi persyaratan kualitas.
  - b). Konsentrasi rata-rata arsen air minum penduduk 0,01 mg/liter. Konsentrasi arsen tersebut masih dalam batas Kepmenkes nomor 907/MENKES/SK/VII/2002, dimana konsentrasi arsen dalam Kepmenkes tersebut sebesar 0,01 mg/liter. Dengan demikian kandungan arsen air minum penduduk Kalanganyar masih dalam batas persyaratan kualitas air minum.
2. Perkiraan risiko kesehatan nonkarsinogen penduduk Kalanganyar akibat konsumsi air minum yang mengandung kromium > 0,03 mg/liter (Risk Quotion  $\geq 1$ ) sebesar 78% dan pada penduduk yang mengkonsumsi air minum Kandungan kromium  $\leq 0,03$  sebesar 0%. Perkiraan risiko kesehatan nonkarsinogen penduduk Kalanganyar akibat

konsumsi air minum yang mengandung arsen > 0,01 mg/liter (Risk Quotion  $\geq 1$ ) sebesar 100% dan penduduk yang mengkonsumsi air minum Kandungan arsen  $\leq 0,01$  sebesar 31,7%.

3. Hasil analisis statistik dengan uji bivariat didapatkan hubungan antara konsentrasi risk agent (kromium heksavalen dan arsen) dengan risiko kesehatan.
  - a). Konsentrasi kromium heksavalen terbukti mempunyai hubungan dengan risiko kesehatan ( $p < 0,05$ ) dengan nilai  $r = 0,927$  dan hubungannya sangat kuat.
  - b). Konsentrasi arsen juga mempunyai hubungan dengan risiko kesehatan ( $p < 0,05$ ) dengan nilai  $r = 0,936$  dan hubungannya sangat kuat.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aldrich, T and Griffith, Jack (1993) Environmental Epidemiology and Risk Assesment. Van Nostrand Reinhold New York.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): ToxFAQs for Arsenic diakses tanggal 26 Juli 2014; <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxFAQs%20Arsenic%20/September%20/2005.htm>
- Bachtiar, A (2000) Paket Mata Ajaran: Metodologi Penelitian Kesehatan. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Ehrenstein O. S. von. Pregnancy Outcomes, Infant Mortality, and Arsenic in Drinking Water in West Bengal (Journal Epidemiology), diakses tanggal 20 April 2014.
- E. Rogers, C et all Hair Analysis Does not Support Hypthesized Arsenic and Chromium Exposure from Drinking Water in Woburn, Massachusetts. (jurnal EHP) vol 105 diakses tanggal 2 April 2014.
- F.Louvar, J and Louvar, B Diane. (1998) Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental With Applications Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Hallenbeck, W. H et all. (1993) Quantitative Risk Assessment for Environmental and Occupational Health, Lewis Publisher Inc, Chelsea.
- Hastono., S.P. (2007) Analisis Data Kesehatan. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Hernandez M Aurora Armienta dan Ramiro Rodriguez Castillo Environmental Exposure to Chromium Compound in the Valley of

- Leon, Mexico. (jurnal EHP) vol 103 diakses tanggal 2 April 2014.
- International Journal of Epidemiology Journal Arsenic levels in drinking water and the prevalence of skin lesions in West Bengal, India. India: 1998.
- International Programme On Chemical Safety (IPCS) : Environmental Health Criteria 6: Chromium. Diakses Tanggal 17 Juli 2014; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc61.htm/SubSectionNumber:1.1.1>
- Kusnoputranto, H., Dewi Susana. (2000) Kesehatan Lingkungan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Kolluru, R V., Bartel and Pitblado (1996) Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental and Safety Professiona., McGraw Hill, New York.
- Murti, B (1997) Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- M. Fan, A Ph.D., Chief Chromium In Drinking Water (buku PHG). Public Health Goal (PHG), California, diakses tanggal 24 April 2014
- Puskesmas Cikupa Kecamatan Pandeglang (2004)
- Profil Puskesmas Tahun 2004. Puskemas, Pandeglang.
- Rahman, A (2005) Bahan Ajaran: Prinsip-Prinsip Dasar Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Pusat Kajian Kesehatan Lingkungan dan Industri FKMUI, Depok.
- Smith, A H Cancer Risks from Arsenic in Drinking Water. (Journal EHP) vol 97 diakses tanggal 20 April 2014.
- Sudarmaji *et al* Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan: Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Chromium (Cr). (Jurnal Kesehatan Lingkungan), diakses tanggal 26 Juli 2014; <http://www.journal.unair.ac.id/login/jurnal/filer/KESLING-2-2-03.pdf>
- Sudarmaji *et al* Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan: Implikasi Klinik Akibat Tercemar oleh Arsenic. (Jurnal Kesehatan Lingkungan), diakses tanggal 26 Juli 2014; <http://www.journal.unair.ac.id/login/jurnal/filer/KESLING-2-2-03.pdf>
- Tempoonline: Arsenik, diakses tanggal 26 Juli 2013; <http://www.korantempo.com/news2004/ilmu%20%/Teknologi30.html.htm>
- U.S. Environmental Protection Agency, Arsenic (Rfd): Integrated Risk Information System (IRIS). Washington DC: 1993
- U.S. Environmental Protection Agency, Arsenic (Carcinogenicity): Integrated Risk Information System (IRIS). Washington DC: 1998
- U.S. Environmental Protection Agency: Toxicological Review of Hexavalent Chromium. Washington DC: 1998
- U.S. Environmental Protection Agency: Toxicological Review Ingested Inorganic Arsenic. Washington DC: 2005.
- U.S. Department of Health and Human Services: Toxicological Profile for Chromium Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2000.
- U.S. Environmental Protection Agency, Chromium: Integrated Risk Information System (IRIS). Washington DC: 1998
- U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Toxicological Profile for Chromium. Atlanta: (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2000.
- Wijanto, S.E Limbah B3 dan Kesehatan: Arsenik, diakses tanggal 26 Juli 2014; [http://www.dinkesjatim.go.id/berita-detail.html?news\\_id=58](http://www.dinkesjatim.go.id/berita-detail.html?news_id=58)
- Wikipedia, Arsen, diakses tanggal 26 Juli 2013; [http://id.wikipedia.org/wiki/Arsenik/Arsenik\\_dalam\\_peradaban](http://id.wikipedia.org/wiki/Arsenik/Arsenik_dalam_peradaban)
- World Health Organization (1988) Environmental Health Criteria 61: Chromium. World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization (2000) Environmental Health Criteria 224: Arsenic and Arsenic Compound. 2th ed World Health Organization Geneva.
- World Health Organization (WHO): Media centre: Arsenic in drinking water. diakses tanggal 25 Juli 2007 <http://www.WHO.org/%20%20Arsenic%20in%20drinking%20water.htm>
- World Health Organization (WHO): Water Sanitation and Health (WSH): Wate -related diseases. diakses tanggal 25 Juli 2007 <http://www.WHO.org/%20%20Arsenic%20in%20drinking%20water.htm>
- Yasii, A *et al* (2001) Basic Environmental Health Oxford University Press, New York