

Geologi dan Analisis Kualitas Air Tanah Daerah Sambirejo dan Sekitarnya, Kecamatan Mantingan, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur

Marci Resimanuk¹, Hita Pandita², Herning Dyah Kusuma Wijayanti³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Koresponden: hita@itny.ac.id.

ABSTRAK

Kualitas airtanah adalah tingkat kesesuaian air yang digunakan untuk pemenuhan tertentu bagi kehidupan manusia, seperti kebutuhan untuk minum, mandi, mencuci, mengairi tanaman, minuman ternak dan sebagainya. Pada daerah penelitian tepatnya di Daerah Sambirejo dan sekitarnya, Kecamatan Mantingan, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas airtanah pada daerah penelitian. Hasil dari penelitian dengan menghadirkan kualitas airtanah yang ada pada daerah penelitian. Metode penelitian yang dilakukan yaitu pengambilan data dilapangan berupa sampel air, pengukuran (elevasi permukaan, MAT, kedalaman sumur, suhu, pH, TDS, DHL), serta Metode analisis laboratorium. Hasil penelitian kualitas airtanah yang dilakukan dilapangan menunjukkan bahwa sampel air yang diambil memiliki nilai yang berbeda-beda. Hasil dari analisis laboratorium menunjukkan bahwa sampel air sumur nomor 3,5,7,10 memenuhi Persyaratan kualitas airtanah menurut Permenkes R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990.

Kata kunci: Geologi, Kualitas airtanah, Ngawi

ABSTRACT

Groundwater quality is the level of suitability of water used for certain fulfilment of human life, such as the need for drinking, bathing, washing, irrigating crops, drinking livestock and so on. In the research area, precisely in the Sambirejo area and its surroundings, Mantingan District, Ngawi Regency, East Java Province. This study aims to determine the quality of groundwater in the study area. The results of the study present the quality of groundwater in the research area. The research method used is data collection in the field in the form of water samples, measurements (surface elevation, MAT, well depth, temperature, pH, TDS, DHL), and laboratory analysis methods. The results of groundwater quality research conducted in the field showed that the water samples taken had different values. The results of the laboratory analysis showed that the well water samples numbered 3,5,7,10 met the groundwater quality requirements according to the Minister of Health Regulation No. 416/MENKES/PER/IX/1990.

Keyword: *Geology, Groundwater quality, Ngawi*

PENDAHULUAN

Kualitas airtanah dipengaruhi oleh sifat fisik, kimia dan biologi. Parameter fisik ini diantaranya adalah warna, bau, rasa, kekeruhan, suhu, jumlah zat padat terlarut (TDS). Warna pada airtanah dapat disebabkan karena zat-zat yang terkandung didalamnya, baik berupa suspense maupun terlarut. Bau disebabkan oleh zat-zat atau gas yang mempunyai aroma yang terkandung di dalam air, sedangkan rasa disebabkan adanya garam atau zat lain. Kandungan kimia terbentuk di dalam pori-pori batuan, yaitu terjadinya proses pelarutan, pengendapan, hidrolisis, oksidasi-reduksi, dan pertukaran ion. Didalam proses-proses ini banyak ion yang harus dibebaskan dari ikatannya, dan terlarut didalam air. Proses ini akhirnya akan merubah komposisi kimia airtanah. Kualitas airtanah didaerah penelitian akan diketahui setelah dilakukan analisis dilaboratorium. Berdasarkan data kualitas airtanah akan dapat diketahui adanya perbedaan dan konsentrasi unsur-unsur kimia yang terkandung didalam sampel sumur penduduk. Setelah dilakukan penelitian, terlihat besarnya unsur-unsur Fe, Mn, Cl, CaCO₃, SO₄. Perbedaan sifat kimia airtanah, dimungkinkan erat kaitannya dengan jenis litologi dan kondisi geologinya. Adapun dilakukan analisis unsur-unsur kation dan anion yang terdapat didalam sampel air sumur. Unsur-unsur tersebut adalah Fe, Mn, Cl, CaCO₃, SO₃.

METODE PENELITIAN

Dalam menganalisis kualitas airtanah dibagi menjadi beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil yang sempurna. Tahap menganalisis kualitas airtanah tersebut meliputi :

Tahap Penelitian



Gambar 1. SEQ Gambar * ARABIC 1. Alur pelaksanaan Kualitas Airtanah

Alat dan Bahan

Alat pengambilan sampel airtanah untuk 12 sumur menggunakan 12 botol untuk menampung atau menyimpan sampel air yang akan dianalisis di laboratorium, GPS (Global Position System) untuk penentuan titik koordinat lokasi sampling, meteran untuk mengukur kedalaman sumur, TDS dan EC meter untuk menentukan nilai TDS, DHL, suhu dan pH meter. Bahan yang digunakan yaitu sampel airtanah.

HASIL DAN ANALISIS

Titik pengambilan sampel airtanah di daerah Sambirejo dan sekitarnya, Kecamatan Mantingan, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur. Adapun formasi batuan pada daerah penelitian sebagai berikut :

1. Formasi Kalibeng daerah Sekarjati
2. Anggota Banyak Formasi Kalibeng daerah Sriwedari
3. Anggota Klitik Formasi Kalibeng daerah Mantingan
4. Endapan Lawu daerah Sambirejo

Hasil Uji Parameter Fisik

Tabel 1. Hasil uji kedalaman sumur air tanah

| Nomor | Satuan | Parameter Uji Kualitas Airtanah |
|-------|--------|---------------------------------|
| Sumur | Batuan | Kedalaman Sumur (m) |
| 1 | Tmpk | 15 |
| 2 | Tmpk | 30 |
| 3 | Tmpk | 20 |
| 4 | Tmbk | 60 |
| 5 | Tmbk | 50 |
| 6 | Tmbk | 60 |
| 7 | Tpkk | 20 |
| 8 | Tpkk | 15 |
| 9 | Tpkk | 20 |
| 10 | Q1 | 25 |
| 11 | Q1 | 6 |
| 12 | Q1 | 20 |

Tabel 2. Hasil uji fisik kualitas airtanah yang dilakukan di lapangan

| Nomor Sumur | Satuan Batuan | Parameter Uji Kualitas Airtanah | | | | | | |
|-------------|---------------|---------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| | | Warna | Bau | Rasa | Kekeruha n | Suhu (°C) | TDS (ppm) | DHL (µs/cm) |
| 1 | Tmpk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 29 | 415 | 848 |

| | | | | | | | | |
|----|------|----------------|----------------|--------------|-------------|----|-----|------|
| 2 | Tmpk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 28 | 247 | 498 |
| 3 | Tmpk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 28 | 414 | 844 |
| 4 | Tmkb | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 209 | 418 |
| 5 | Tmkb | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 193 | 386 |
| 6 | Tmkb | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 120 | 235 |
| 7 | Tpkk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 607 | 1242 |
| 8 | Tpkk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 28 | 546 | 1092 |
| 9 | Tpkk | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 29 | 493 | 1024 |
| 10 | Q1 | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 25 | 409 | 818 |
| 11 | Q1 | Tidak Berwarna | Sedikit Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 498 | 1000 |
| 12 | Q1 | Tidak Berwarna | Tidak Berbau | Tidak Berasa | Tidak Keruh | 27 | 321 | 360 |

Tabel 3. Hasil uji fisik kualitas airtanah yang dilakukan di laboratorium BBTKLPP Yogyakarta

| Nomor Sumur | Satuan Batuan | Parameter Uji Kualitas Airtanah | | |
|-------------|---------------|---------------------------------|------------|------------|
| | | Warna (TCU) | Rasa | Bau |
| 3 | Tmpk | <1 | Tak Berasa | Tak Berbau |
| 5 | Tmkb | <1 | Tak Berasa | Tak Berbau |
| 7 | Tpkk | <1 | Tak Berasa | Tak Berbau |
| 10 | Q1 | <1 | Tak Berasa | Tak Berbau |

Berdasarkan karakteristik fisik air sumur di lapangan, kemudian dilakukan penentuan lokasi pengambilan sampel air yang nantinya diujikan pada laboratorium (Tabel 2). Menurut pertimbangan dari kondisi litologi penyusun, diambil empat (4) titik lokasi yang gunanya untuk dianalisis lebih lanjut. Hal ini dilakukan karena dari keempat lokasi tersebut diharapkan sudah mewakili semua satuan batuan yang ada pada daerah penelitian.

1. Suhu Nilai uji suhu airtanah pada daerah penelitian berkisar antara 25°C-29°C. sedangkan kadar maksimum suhu yang diperbolehkan yaitu suhu udara $\pm 3^\circ\text{C}$ (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, suhu pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.
2. Total Dissolved Solid (TDS) Berdasarkan hasil uji kualitas air yang dilakukan dengan menggunakan alat EC meter, kandungan TDS akan dimasukkan kedalam klasifikasi TDS menurut Todd [8], maka dapat diketahui bahwa konsentrasi TDS dari dua belas (12) sampel yang diuji mempunyai nilai yang bervariasi. Nilai kandungan TDS airtanah pada daerah penelitian berkisar antara 120ppm – 607ppm. Sedangkan, kadar maksimum kandungan TDS yang masih diperbolehkan yaitu 1000ppm (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, kandungan TDS pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.
3. Daya Hantar Listrik (DHL) Daya hantar listrik pada air dipengaruhi oleh ion-ion atau garam yang terlarut didalamnya. Secara relative, semakin banyak garam yang terlarut maka semakin tinggi daya hantar listrik yang terjadi sehingga semakin buruk kualitas airtanah tersebut. Perbedaan konsentrasi DHL diakibatkan karena kandungan TDS. Nilai konsentrasi DHL berbanding lurus dengan nilai konsentrasi TDS. Semakin tinggi konsentrasi TDS, maka semakin tinggi pula konsentrasi DHL. Berdasarkan hasil pengujian kualitas airtanah, nilai kandungan DHL pada daerah penelitian berkisar antara 235 $\mu\text{s}/\text{cm}$ – 1242 $\mu\text{s}/\text{cm}$. sedangkan, kadar maksimum DHL yang diperbolehkan yaitu 2.250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990). Sehingga, kandungan DHL pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.

Hasil Uji Parameter Kimia

Berdasarkan hasil analisis kimia airtanah pada sumur di daerah penelitian yang dilakukan di lapangan maupun Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta (BBTKLPPY) didapatkan hasil seperti dibawah ini (Tabel 4 dan Tabel 5). Penentuan lokasi pengambilan sampel didasarkan oleh kondisi topografi serta perbedaan litologi pada satuan batuan daerah penelitian. Sehingga, keempat (4) sumur tersebut diduga dapat mewakili keseluruhan sumur yang ada pada daerah penelitian.

Tabel 4. Hasil uji kimia kualitas airtanah yang dilakukan di lapangan

| Nomor Sumur | Satuan Batuan | Parameter Uji Kualitas Airtanah PH |
|-------------|---------------|------------------------------------|
| 1 | Tmpk | 7,4 |
| 2 | Tmpk | 7,3 |
| 3 | Tmpk | 7,2 |
| 4 | Tmkb | 7,8 |
| 5 | Tmkb | 7,5 |
| 6 | Tmkb | 7 |
| 7 | Tpkk | 7,3 |
| 8 | Tpkk | 7 |
| 9 | Tpkk | 7 |
| 10 | Ql | 7,5 |
| 11 | Ql | 7 |
| 12 | Ql | 7 |

Tabel 5. Hasil uji kimia kualitas airtanah yang dilakukan di laboratorium BBTKLPP Yogyakarta

| Nomor Sumur | Satuan Batuan | Parameter Uji Kualitas Airtanah | | | | |
|-------------|---------------|---------------------------------|------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| | | Besi (Fe) mg/L | Mangan (Mn) mg/L | Klorida (Cl) mg/L | Kesadahan sbg CaCO ₃ mg/L | Sulfate (SO ₄) mg/L |
| 3 | Tmpk | 0,0235 | <0,0066 | 50,6 | 250,75 | 117 |
| 5 | Tmkb | 0,0288 | <0,0066 | 11,9 | 195,02 | 29 |
| 7 | Tpkk | 0,0288 | <0,0066 | 248,2 | 288,56 | 28 |
| 10 | Ql | 0,0288 | 0,1803 | 82,9 | 191,05 | 10 |

Adapun parameter yang diuji di lapangan yaitu pH. Sedangkan, parameter yang diuji di laboratorium yaitu Besi (Fe), Mangan (Mn), Klorida (Cl), Kesadahan (CaCO₃) dan Sulfat (SO₄). Dari hasil analisis kimia yang ada kemudian dilakukan perbandingan dengan mengacu kepada standar baku mutu air bersih dalam Peraturan Menteri Kesehatan R.I No : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal 3 September 1990 mengenai “Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih”.

Derajat Keasaman (pH)

Potential Hydrogen (pH) merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan tingkat derajat keasaman suatu larutan. Dalam air, pH merupakan faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa derajat keasaman dari air akan sangat mempengaruhi aktifitas pengolahan yang akan dilakukan. Apabila nilai pH sangat rendah atau melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan, maka akan menyebabkan beberapa masalah yang akan terjadi diantaranya terjadi korosi pada pipa-pipa air dan senyawa kimia akan berubah menjadi racun yang dapat mengganggu Kesehatan manusia apabila dikonsumsi. Nilai uji pH pada daerah penelitian berkisar antara 7 – 7.8. Sedangkan, kadar maksimum pH yang diperbolehkan yaitu 6.5 – 8.5 (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, kandungan pH pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.

Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur hasil pelapukan batuan induk yang banyak di temukan diperairan umum, senyawa besi di dalam air umumnya dalam bentuk garam ferri atau garam ferro yang bervalensi 2 (Asmadi, 2011). Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l (Achmad, 200). Nilai uji unsur Fe pada daerah penelitian berkisar antara



ISSN: 1907-5995

0,0235 mg/L – 0.0288 mg/L. Sedangkan kadar maksimum unsur Fe yang diperolehkan yaitu 0,3 mg/L (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, kandungan unsur Fe pada daerah penelitian tidak memenuhi syarat sebagai air bersih.

Mangan (Mn)

Pada air minum, kadar mangan maksimum 0,005 mg/L (Moore, 1991) dalam Efendi, 2003) logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada system enzim. Defisiensi mangan dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat, secara sistem saraf dan sistem reproduksi terganggu. Pada tumbuhan, mangan merupakan unsur esensial dalam proses metabolisme. Jika dibiarkan diudara terbuka dan mendapat cukup oksigen, air dengan kadar mangan lebih dari 0,01 mg/L akan membentuk koloid karena proses oksidasi, koloid ini mengalami presipitasi membentuk warna coklat gelap yang membuat air menjadi keruh. Nilai uji unsur Mn pada daerah penelitian berkisar antara.

Klorida (Cl)

Kadar klorida yang tinggi diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang tinggi pula dapat menyebabkan rasa asin dan meningkatkan korositas air (Sutrisno, 2007). Klorida umumnya beredar Bersama sodium dan air untuk menjaga tingkat tekanan osmosis dalam cairan tubuh, juga menjadi bagian penting dalam asam lambung (asam hidroklorida (HCl)) yang merupakan bagian utama dalam system pencernaan manusia. Ginjal akan menentukan apakah perlu membuang klorida, yang berupa sodium klorida yang masuk melalui system pencernaan, atau menyimpannya demi menyeimbangkan keasaman tubuh (Harjadi, 1990). Nilai unsur Cl pada daerah penelitian berkisar antara 11,9 mg/L – 248,2 mg/L. Sedangkan kadar maksimum unsur Cl diperbolehkan yaitu 600 mg/L (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, kandungan unsur Cl pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.

Kesadahan

Sebagai CaCO_3 Keberadaan kalsium sangat dipengaruhi oleh reaksi kimia yang melibatkan karbondioksida. Karbondioksida merupakan gas yang mudah terlarut kedalam perairan, baik secara langsung karena terbawa oleh air hujan maupun melalui respirasi tumbuhan dan hewan akuatik dan hasil dari proses dekomposisi bahan organik. Karbondioksida bereaksi dengan air membentuk asam karbonat melewati perairan dengan dasar batugamping. CaCO_3 yang biasanya dianggap sebagai kesadahan dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu kesadahan karbonat dan kesadahan non karbonat. Apabila kandungan CaCO_3 tinggi, maka akan mengakibatkan korosi pada alat-alat yang terbuat dari besi. Kesadahan air berkaitan erat dengan kemampuan air membentuk busa. Semakin besar kesadahan air, semakin sulit bagi sabun untuk membentuk busa karena terjadi presipitasi. Busa tidak akan terbentuk sebelum semua kation pembentukan kesadahan mengendap. Nilai uji kesadahan sebagai CaCO_3 pada daerah penelitian berkisar antara 191,05 mg/L – 288,56 mg/L. Sedangkan, kadar maksimum kesadahan sebagai CaCO_3 yang diperbolehkan yaitu 500 mg/L (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September. 1990). Sehingga, kandungan kesadahan sebagai CaCO_3 pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.

Sulfat (SO₄)

Sulfat diperoleh dari endapan evaporit atau dari oksidasi mineral pirit markasit, gas-gas pada daerah vulkanik. Sumber alami mineral yang membentuk unsur sulfat (SO_4) yaitu barit (BaSO_4), anhidrit (CaSO_4), alunit ($\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$), gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Airtanah pada daerah lempungan maupun daerah vulkanik umumnya mempunyai kandungan unsur sulfat (SO_4) tinggi. Permasalahan yang diakibatkan oleh adanya sulfat dalam air adalah bau. Nilai uji unsur SO_4 pada daerah penelitian berkisar antara 10 mg/L – 117 mg/L. Sedangkan, kadar maksimum unsur SO_4 yang diperbolehkan yaitu 400 mg/L (Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih dalam 416/MENKES/PER/IX/1990 3 September 1990). Sehingga, kandungan unsur SO_4 pada daerah penelitian memenuhi syarat sebagai air bersih.

Pembahasan

Data hasil analisis kandungan unsur/senyawa organik kualitas air tanah di daerah penelitian menunjukkan bahwa kualitas air tanah pada daerah penelitian memenuhi standar baku mutu air bersih Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990. Hal ini ditunjukkan oleh analisis dari beberapa unsur/senyawa anorganik utama seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Klorida (Cl), Kalsium Karbonatan (CaCO_3) dan Sulfat (SO_4). Tingkat keasaman pada keempat sampel air tanah mendekati netral memenuhi standar baku mutu air bersih Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990 yaitu 6,5 – 8,5. Berdasarkan keempat sampel memiliki nilai TDS dan DHL tertinggi yaitu Batugamping (Tpkk) yang dipengaruhi oleh ion-ion atau garam yang terlarut didalamnya. Daerah penelitian airtanah

pada batuan di daerah vulkanik seperti Breksi (Tmkb), Batugamping (Tpkk) dan Endapan lempung-kerakal (Ql) memiliki kandungan SO₄ yang kecil, berbanding terbalik dengan batuan karbonat seperti Napal (TmPk) karena pada daerah lempungan mempunyai kandungan unsur sulfat (SO₄) tinggi yang diakibatkan oleh adanya sulfat dalam air yaitu bau

KESIMPULAN

Data hasil analisis kandungan unsur/senyawa organik kualitas air tanah di daerah penelitian yang dilakukan pada 4 sampel menunjukkan bahwa kualitas air tanah pada daerah penelitian memenuhi standar baku mutu air bersih Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Hita Pandita dan Ibu Herning Dyah Kusuma Wijayanti selaku dosen pembimbing yang sudah bersedia memberi dukungan dan bimbingan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asmadi, Khayan, Kasjono H.S. 2011. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta: Gosyen Publishing
- [2] Bakosurtanal. 2000. Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Mantingan : 1508 – 414 skala 1:25.000. Edisi I.
- [3] Bakosurtanal. 2000. Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Walikukun : 1508 – 412 skala 1:25.000. Edisi I.
- [4] Departemen Kesehatan. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- [5] Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- [6] Embry, A.F., and J.E.Klovan. 1972. Absolute Water Depth Limits of Late Devonium Paleocological Zone. *Geol, Rundschau*. V. 61 P. 672-686.
- [7] Todd, D. K.,. 1959. *Groundwater Hydrology*, New York: John Willey & Sons Inc.
- [8] Todd, D. K., 1980. *Groundwater Hydrogeology*, 2nd Edition. New York: John Willey & Sons Inc