

BUKU AJAR

MATA KULIAH ARSITEKTUR KOMPUTER

BAB 6

PROBABILITAS DAN PENERAPANNYA DALAM SISTEM KOMPUTER

Berbasis Rencana Pembelajaran Semester (RPS)

Arsitektur Komputer IF221101 | 3 SKS | 2026

IDENTITAS BAB

Komponen	Keterangan
Mata Kuliah	Arsitektur Komputer
Kode	IF221101
Bobot	3 SKS
Bab	Bab 6
Judul	Probabilitas dan Penerapannya dalam Sistem Komputer
Fokus Pembelajaran	Memahami konsep peluang dan menerapkannya untuk menganalisis kejadian, data, dan proses komputasi sederhana
Level Pembelajaran	Pemahaman konsep, perhitungan, analisis kejadian, dan penerapan kasus

CAPAIAN PEMBELAJARAN BAB

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan konsep dasar probabilitas dan peluang.
2. Mengidentifikasi eksperimen, ruang sampel, titik sampel, dan kejadian.
3. Menghitung probabilitas sederhana berdasarkan banyaknya hasil yang mungkin.
4. Menerapkan aturan komplemen, penjumlahan, dan perkalian probabilitas.
5. Membedakan kejadian saling lepas dan kejadian independen.
6. Menghitung probabilitas bersyarat sederhana.
7. Menjelaskan nilai harapan sebagai ukuran rata-rata teoritis suatu eksperimen.
8. Menghubungkan probabilitas dengan pola biner, transmisi data, pengujian, dan sistem komputer.
9. Menganalisis studi kasus probabilitas secara sistematis.

PETA KONSEP

ALUR KONSEP BAB 6

Eksperimen Acak → Ruang Sampel → Titik Sampel → Kejadian → Probabilitas Dasar → Komplemen → Aturan Penjumlahan → Aturan Perkalian → Kejadian Independen → Probabilitas Bersyarat → Nilai Harapan → Simulasi → Penerapan pada Sistem Komputer.

6.1 Pendahuluan

Probabilitas digunakan untuk mengukur tingkat kemungkinan terjadinya suatu kejadian. Dalam komputasi, konsep peluang dapat muncul ketika sistem menghadapi ketidakpastian, melakukan pengambilan sampel, menganalisis kesalahan transmisi, mengevaluasi hasil pengujian, atau mensimulasikan suatu proses.

Probabilitas juga berkaitan erat dengan kombinatorik. Kombinatorik membantu menghitung banyaknya kemungkinan, sedangkan probabilitas menggunakan informasi tersebut untuk mengukur kemungkinan relatif

suatu kejadian. Oleh karena itu, materi pada bab ini merupakan kelanjutan konseptual dari pembahasan kombinatorik.

PERTANYAAN PEMANTIK

Jika sebuah sistem menghasilkan pola biner secara acak, berapa peluang munculnya pola tertentu? Jika sebuah komponen memiliki peluang gagal tertentu, bagaimana peluang kegagalan berubah ketika beberapa komponen digunakan bersama?

6.2 Konsep Dasar Probabilitas

Probabilitas adalah ukuran numerik yang menunjukkan kemungkinan terjadinya suatu kejadian. Nilai probabilitas berada pada rentang 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan kejadian mustahil, sedangkan nilai 1 menunjukkan kejadian pasti.

Nilai	Interpretasi
0	Kejadian mustahil
$0 < P(A) < 1$	Kejadian memiliki kemungkinan tertentu
1	Kejadian pasti

Pada ruang sampel dengan hasil yang dianggap memiliki peluang sama, probabilitas kejadian A dapat dihitung sebagai $P(A) = \text{jumlah hasil yang mendukung A} / \text{jumlah seluruh hasil dalam ruang sampel}$.

6.3 Eksperimen, Ruang Sampel, dan Kejadian

Eksperimen adalah proses yang menghasilkan suatu hasil. Ruang sampel adalah himpunan seluruh hasil yang mungkin, sedangkan titik sampel adalah satu hasil individual dalam ruang sampel. Kejadian merupakan himpunan bagian dari ruang sampel.

Contoh: untuk satu bit yang dapat bernilai 0 atau 1, ruang sampel dapat ditulis $S = \{0,1\}$. Kejadian munculnya nilai 1 adalah $A = \{1\}$. Maka $P(A) = 1/2$ jika kedua hasil dianggap sama mungkin.

Konsep	Contoh Dua Bit
Eksperimen	Menghasilkan dua bit acak
Ruang sampel	$S = \{00,01,10,11\}$
Kejadian A	Muncul tepat satu bit bernilai 1: $\{01,10\}$
Probabilitas A	$2/4 = 1/2$

6.4 Probabilitas Klasik

Pada model probabilitas klasik, seluruh hasil dasar diasumsikan memiliki peluang yang sama. Jika ruang sampel memiliki n hasil dan kejadian A memiliki m hasil, maka $P(A) = m/n$.

Contoh: sebuah register 3-bit menghasilkan salah satu dari 8 pola secara acak. Peluang munculnya pola 101 adalah $1/8$. Peluang munculnya pola dengan tepat dua bit bernilai 1 adalah $3/8$ karena terdapat tiga pola: 011, 101, dan 110.

6.5 Aturan Komplemen

Komplemen suatu kejadian A adalah kejadian bahwa A tidak terjadi. Probabilitasnya ditulis $P(A^c) = 1 - P(A)$.

Contoh: jika peluang sebuah paket data lolos pemeriksaan adalah 0,98, maka peluang paket tersebut tidak lolos adalah $1 - 0,98 = 0,02$.

STRATEGI PEMECAHAN MASALAH

Untuk kejadian yang lebih mudah dihitung melalui kebalikannya, gunakan aturan komplemen. Pendekatan ini sering membantu ketika menghitung peluang “minimal satu kejadian terjadi” atau “tidak ada kejadian tertentu”.

6.6 Aturan Penjumlahan Probabilitas

Untuk dua kejadian A dan B, probabilitas A atau B terjadi dinyatakan sebagai $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$. Jika A dan B saling lepas, maka $P(A \cap B) = 0$ sehingga rumus menjadi $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$.

Situasi	Rumus
A dan B saling lepas	$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$
A dan B dapat beririsan	$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$

Aturan ini memiliki hubungan langsung dengan konsep union dan intersection yang telah dibahas pada materi himpunan.

6.7 Aturan Perkalian dan Kejadian Independen

Untuk dua kejadian A dan B, probabilitas keduanya terjadi dapat dinyatakan sebagai $P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A)$. Jika A dan B independen, hasil kejadian pertama tidak memengaruhi kejadian kedua sehingga $P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$.

Contoh: dua bit dihasilkan secara independen dan masing-masing memiliki peluang $1/2$ bernilai 1. Peluang keduanya bernilai 1 adalah $1/2 \times 1/2 = 1/4$.

Hubungan	Makna
Independen	Terjadinya A tidak mengubah probabilitas B
Dependen	Terjadinya A dapat mengubah probabilitas B
Saling lepas	A dan B tidak dapat terjadi bersamaan

6.8 Probabilitas Bersyarat

Probabilitas bersyarat mengukur peluang kejadian A ketika diketahui bahwa kejadian B telah terjadi. Secara umum, $P(A|B) = P(A \cap B) / P(B)$, dengan syarat $P(B)$ tidak sama dengan nol.

Contoh sederhana: dari suatu kelompok data terdapat 100 proses, 20 di antaranya mengalami kesalahan dan 10 di antaranya mengalami kesalahan sekaligus menggunakan konfigurasi tertentu. Jika diketahui proses menggunakan konfigurasi tersebut, probabilitas mengalami kesalahan dapat dihitung berdasarkan proporsi kesalahan dalam kelompok konfigurasi itu.

CATATAN

Probabilitas bersyarat tidak sama dengan probabilitas biasa karena informasi tambahan dapat mengubah ruang hasil yang sedang dianalisis.

6.9 Kejadian Independen dan Saling Lepas

Dua istilah ini sering dianggap sama, padahal memiliki makna berbeda. Kejadian saling lepas tidak dapat terjadi secara bersamaan. Kejadian independen dapat terjadi bersama, tetapi terjadinya satu kejadian tidak mengubah peluang kejadian lainnya.

Aspek	Saling Lepas	Independen
Dapat terjadi bersamaan	Tidak	Dapat
Irisan	$P(A \cap B) = 0$	$P(A \cap B) = P(A)P(B)$
Hubungan	Tidak ada hasil bersama	Tidak ada pengaruh probabilistik

6.10 Nilai Harapan

Nilai harapan atau expected value merupakan rata-rata teoritis dari suatu variabel acak berdasarkan seluruh kemungkinan nilai dan probabilitasnya. Secara umum, $E(X) = \sum x \cdot P(X=x)$.

Contoh: jika sebuah proses menghasilkan nilai 0 dengan probabilitas 0,5 dan nilai 1 dengan probabilitas 0,5, nilai harapannya adalah $0 \times 0,5 + 1 \times 0,5 = 0,5$.

Dalam konteks komputasi, nilai harapan dapat digunakan untuk memahami rata-rata teoritis dari waktu proses, jumlah kegagalan, atau hasil eksperimen acak, tergantung model yang digunakan.

6.11 Hubungan Probabilitas dengan Kombinatorik

Kombinatorik sering digunakan untuk menentukan jumlah hasil yang mendukung suatu kejadian dan jumlah seluruh hasil yang mungkin. Informasi tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan probabilitas.

Contoh: dari 5 komponen dipilih 2 secara acak. Banyak pasangan yang mungkin adalah $C(5,2) = 10$. Jika terdapat 3 komponen yang memenuhi suatu kondisi dan kejadian yang dianalisis adalah “kedua komponen berasal dari kelompok tersebut”, maka jumlah pasangan yang mendukung adalah $C(3,2) = 3$. Probabilitasnya adalah $3/10$.

KETERKAITAN BAB

Bab 5 menyediakan teknik menghitung jumlah kemungkinan. Bab 6 menggunakan kemungkinan tersebut

untuk mengukur peluang terjadinya suatu kejadian.

6.12 Penerapan pada Sistem Biner

Sistem digital menggunakan representasi biner, tetapi suatu analisis probabilistik dapat dilakukan apabila pola atau bit dianggap dihasilkan melalui proses acak. Jika n bit bersifat independen dan peluang setiap bit bernilai 1 adalah $1/2$, maka peluang suatu pola spesifik sepanjang n bit adalah $(1/2)^n$.

Untuk 8 bit, peluang munculnya satu pola spesifik adalah $1/256$. Jika kejadian yang dianalisis adalah munculnya tepat satu bit bernilai 1, terdapat 8 pola yang mendukung, sehingga probabilitasnya adalah $8/256 = 1/32$.

Kejadian pada 4 Bit	Jumlah Pola	Probabilitas jika sama mungkin
Pola tertentu, misalnya 1010	1	$1/16$
Semua bit 0	1	$1/16$
Tepat satu bit 1	4	$4/16 = 1/4$
Tepat dua bit 1	6	$6/16 = 3/8$

6.13 Penerapan pada Keandalan Komponen

Probabilitas dapat digunakan untuk membuat model sederhana mengenai keberhasilan atau kegagalan komponen. Misalkan sebuah komponen memiliki probabilitas berfungsi sebesar p dan probabilitas gagal sebesar $1-p$.

Jika dua komponen independen harus sama-sama berfungsi agar suatu proses berhasil, probabilitas keberhasilan bersama adalah hasil perkalian probabilitas masing-masing. Sebaliknya, model sistem yang sebenarnya dapat memiliki struktur lebih kompleks sehingga analisis harus disesuaikan dengan hubungan antar komponen.

CONTOH

Jika komponen A memiliki peluang berfungsi 0,99 dan B memiliki peluang berfungsi 0,98 serta keduanya dianggap independen, peluang keduanya berfungsi adalah $0,99 \times 0,98 = 0,9702$.

6.14 Penerapan pada Pengujian Sistem

Dalam pengujian, probabilitas dapat membantu memperkirakan peluang menemukan jenis kondisi tertentu ketika pengujian menggunakan sampel acak. Misalnya, apabila suatu kelas input mewakili proporsi kecil dari seluruh ruang input, pengujian acak mungkin jarang mengenai kelas tersebut.

Pemahaman ini membantu menjelaskan keterbatasan pengujian berbasis sampling dan pentingnya perancangan kasus uji yang mempertimbangkan cakupan kondisi.

6.15 Simulasi Probabilitas Sederhana

Simulasi memungkinkan mahasiswa membandingkan probabilitas teoritis dengan frekuensi empiris. Sebagai contoh, sebuah program dapat menghasilkan 0 atau 1 secara acak sebanyak N kali, kemudian menghitung proporsi hasil 1.

PSEUDOCODE

```
jumlah_1 = 0
ULANGI N kali
    bit = hasil_acak(0 atau 1)
    JIKA bit = 1
        jumlah_1 = jumlah_1 + 1
    AKHIR JIKA
AKHIR ULANGI
probabilitas_empiris = jumlah_1 / N
TAMPILKAN probabilitas_empiris
```

Semakin banyak percobaan dilakukan, frekuensi empiris dalam simulasi ideal dapat digunakan untuk mengamati kecenderungan terhadap probabilitas teoritis, walaupun hasil setiap simulasi tetap dapat berbeda.

6.16 Studi Kasus 1: Analisis Pola Bit

Sebuah sistem menghasilkan bilangan biner 4-bit secara acak dan setiap pola dianggap memiliki peluang sama. Tentukan peluang munculnya pola dengan minimal satu bit bernilai 1.

Penyelesaian lebih mudah menggunakan komplemen. Peluang semua bit bernilai 0 adalah $1/16$. Maka peluang minimal satu bit bernilai 1 adalah $1 - 1/16 = 15/16$.

ANALISIS

Kasus ini menunjukkan bahwa aturan komplemen dapat menyederhanakan perhitungan dibandingkan menghitung seluruh pola yang mengandung satu, dua, tiga, atau empat bit bernilai 1.

6.17 Studi Kasus 2: Kegagalan Proses

Dua proses independen memiliki peluang berhasil masing-masing 0,95 dan 0,90. Jika keduanya harus berhasil, probabilitas keberhasilan bersama adalah $0,95 \times 0,90 = 0,855$.

Jika analisis membutuhkan peluang minimal salah satu proses gagal, gunakan komplemen: $1 - 0,855 = 0,145$.

6.18 Studi Kasus 3: Pemilihan Komponen

Dari 10 komponen, 4 diketahui termasuk kategori tertentu. Dua komponen dipilih secara acak tanpa memperhatikan urutan. Probabilitas bahwa kedua komponen berasal dari kategori tersebut adalah $C(4,2)/C(10,2) = 6/45 = 2/15$.

Kasus ini menunjukkan penggunaan kombinatorik sebagai dasar perhitungan probabilitas.

6.19 Aktivitas Pembelajaran Mahasiswa

Aktivitas 1: Ruang Sampel

Tuliskan ruang sampel dari eksperimen menghasilkan tiga bit biner dan tentukan kejadian muncul tepat dua bit bernilai 1.

Aktivitas 2: Probabilitas Dasar

Hitung probabilitas pola 4-bit memiliki jumlah bit 1 yang genap.

Aktivitas 3: Aturan Penjumlahan

Buat dua kejadian pada ruang sampel dan hitung probabilitas union keduanya.

Aktivitas 4: Probabilitas Bersyarat

Susun contoh data sederhana dan hitung $P(A|B)$.

Aktivitas 5: Simulasi

Buat program yang melakukan eksperimen acak minimal 1.000 kali dan bandingkan frekuensi empiris dengan probabilitas teoritis.

Aktivitas 6: Analisis

Diskusikan perbedaan antara kejadian independen dan saling lepas menggunakan contoh.

6.20 Rangkuman

- Probabilitas mengukur kemungkinan suatu kejadian dan bernilai antara 0 dan 1.
- Ruang sampel adalah himpunan seluruh hasil yang mungkin dari suatu eksperimen.
- Kejadian merupakan himpunan hasil yang menjadi fokus analisis.
- Aturan komplemen menyatakan $P(A^c) = 1 - P(A)$.
- Aturan penjumlahan digunakan untuk menghitung probabilitas union dua kejadian.
- Aturan perkalian digunakan untuk menganalisis kejadian bersama.
- Kejadian independen berbeda dari kejadian saling lepas.
- Probabilitas bersyarat mempertimbangkan informasi bahwa suatu kejadian lain telah diketahui terjadi.
- Kombinatorik dapat digunakan untuk menghitung banyaknya hasil yang diperlukan dalam analisis probabilitas.
- Probabilitas dapat diterapkan pada analisis pola biner, keandalan sederhana, pengujian, dan simulasi.

6.21 Glosarium Bab

Istilah	Pengertian
Eksperimen	Proses atau percobaan yang menghasilkan suatu hasil.
Kejadian	Himpunan hasil yang menjadi objek analisis probabilitas.
Kejadian Independen	Kejadian yang tidak saling memengaruhi probabilitas satu sama lain.
Komplemen	Kejadian bahwa suatu kejadian tertentu tidak terjadi.

Nilai Harapan	Rata-rata teoritis suatu variabel acak berdasarkan nilai dan probabilitasnya.
Probabilitas	Ukuran kemungkinan terjadinya suatu kejadian.
Probabilitas Bersyarat	Probabilitas suatu kejadian dengan informasi bahwa kejadian lain telah terjadi.
Ruang Sampel	Himpunan seluruh hasil yang mungkin.
Saling Lepas	Dua kejadian yang tidak dapat terjadi secara bersamaan.
Titik Sampel	Satu hasil individual dalam ruang sampel.

6.22 Soal Latihan

A. Soal Pemahaman

10. Jelaskan perbedaan eksperimen, ruang sampel, titik sampel, dan kejadian.
11. Apa rentang nilai probabilitas dan bagaimana interpretasi nilai 0 serta 1?
12. Tuliskan ruang sampel untuk tiga bit biner.
13. Jelaskan aturan komplement.
14. Jelaskan perbedaan kejadian independen dan saling lepas.
15. Jelaskan pengertian probabilitas bersyarat.
16. Bagaimana kombinatorik membantu perhitungan probabilitas?
17. Jelaskan pengertian nilai harapan.
18. Berikan contoh penerapan probabilitas pada sistem komputer.
19. Mengapa simulasi dapat digunakan untuk mempelajari probabilitas?

B. Soal Perhitungan

20. Sebuah pola 5-bit dihasilkan secara acak dengan seluruh pola sama mungkin. Hitung peluang munculnya pola tertentu.
21. Untuk 4 bit acak, hitung peluang muncul tepat dua bit bernilai 1.
22. Jika $P(A)=0,72$, tentukan $P(A^c)$.
23. Jika $P(A)=0,4$, $P(B)=0,5$, dan $P(A \cap B)=0,2$, tentukan $P(A \cup B)$.
24. Dua kejadian independen memiliki probabilitas 0,8 dan 0,6. Tentukan peluang keduanya terjadi.
25. Jika $P(A \cap B)=0,15$ dan $P(B)=0,30$, tentukan $P(A|B)$.
26. Dari 12 komponen terdapat 5 komponen kategori X. Dua dipilih acak. Hitung peluang keduanya berasal dari kategori X.

C. Soal HOTS dan Studi Kasus

27. Rancang model probabilitas sederhana untuk menganalisis keberhasilan suatu proses yang bergantung pada tiga komponen. Jelaskan asumsi yang digunakan.
28. Analisis kapan pendekatan probabilitas klasik tidak cukup untuk menggambarkan kondisi sistem nyata.
29. Buat simulasi pola bit acak dan bandingkan probabilitas teoritis dengan hasil empiris untuk minimal tiga ukuran jumlah percobaan.
30. Jelaskan bagaimana kesalahan asumsi independensi dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak tepat.
31. Rancang sebuah studi kasus sistem komputer yang dapat dianalisis menggunakan probabilitas bersyarat dan jelaskan variabel serta kejadiannya.

6.23 Proyek Mini

Judul proyek: Simulator Probabilitas dan Analisis Kejadian pada Sistem Digital.

Mahasiswa membuat aplikasi sederhana yang mampu:

- Menerima jumlah bit atau jumlah eksperimen sebagai input.
- Menghasilkan eksperimen acak atau mensimulasikan suatu kejadian.
- Menghitung probabilitas teoritis untuk kejadian yang dipilih.
- Menghitung frekuensi dan probabilitas empiris.
- Membandingkan hasil teoritis dan empiris.
- Menampilkan minimal lima skenario pengujian.
- Menyertakan analisis mengenai perubahan hasil ketika jumlah eksperimen diperbesar.

OUTPUT YANG DIHARAPKAN

Program, tabel hasil eksperimen, interpretasi perbedaan probabilitas teoritis dan empiris, serta kesimpulan mengenai penerapan probabilitas pada persoalan komputasi.

6.24 Daftar Pustaka

- Rosen, K. H. Discrete Mathematics and Its Applications. McGraw-Hill.
- Grimaldi, R. P. Discrete and Combinatorial Mathematics. Pearson.
- Ross, S. A First Course in Probability. Pearson.
- Englander, I., & Wong, W. The Architecture of Computer Hardware, Systems Software, and Networking. John Wiley & Sons.
- Heuring, V. P., & Murdocca, M. J. Principles of Computer Architecture.
- Dokumen Rencana Pembelajaran Semester Mata Kuliah Arsitektur Komputer IF221101, Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.

CATATAN PENYUSUNAN BAB

Bab ini melanjutkan pembahasan kombinatorik dengan probabilitas sebagai alat untuk menganalisis tingkat kemungkinan suatu kejadian. Materi dikembangkan dari konsep ruang sampel, kejadian, aturan probabilitas, probabilitas bersyarat, nilai harapan, simulasi, dan studi kasus yang dihubungkan dengan pola biner, komponen, pengujian, serta proses komputasi sederhana.