

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN BAKTERI

2.1.1 Definisi

Bakteri adalah organisme uniseluler, prokariotik, tidak memiliki klorofil, dan mampu memperbanyak diri dengan membelah sel. Ukuran sangat kecil dalam skala mikron, tidak memungkinkan dilihat dengan mata telanjang sehingga dibutuhkan alat mikroskop untuk membantu pengamatan (Martati, 2023).

Pertumbuhan bakteri memiliki distribusi yang sangat luas di alam, meliputi berbagai lingkungan seperti tanah, atmosfer, lumpur, dan laut. Mereka dapat hidup secara bebas, baik sebagai parasit, saprofit, maupun patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Selain itu, bakteri juga dapat hidup di tubuh manusia sebagai flora normal, yang berarti mereka dapat hidup secara simbiotik dengan manusia tanpa menyebabkan penyakit (Suryani dan taupiqurrahman, 2021).

2.1.2 Bentuk Bakteri

Bakteri memiliki berbagai macam bentuk tetapi bentuk dasar bakteri adalah bulat, batang, spiral, Bentuk bakteridipengaruhi umur dan syarat pertumbuhan tertentu beberapa faktor makan atau nutrisi, suhu, dan lingkungan (Suryani dan Taupiqurrahman, 2021).

Bakteri memiliki bentuk yang macam-macam (Risando, 2023) :

a. Coccus (bulat)

Bakteri coccus umumnya berbentuk bulat. Jika bakteri coccus membelah diri sel-sel dapat tetap melekat satu sama lain. Berdasarkan strukturnya bakteri coccus dapat dibedakan menjadi :

1. Mikrokokkus (bulat satu-satu)

2. Diplococcus (bulat berpasangan)
3. Streptococcus (berstruktur seperti rantai)
4. Tetracoccus (tersusun dari empat sel menyerupai persegi)
5. Staphylococcus (sel bergerombol menyerupai buah anggur)

b. Bakteri

Sel bakteri basil memiliki bentuk batang yang panjang, dan proses pembelahan sel hanya terjadi pada sumbu pendeknya, sehingga sebagian besar bakteri basil tampak sebagai batang tunggal. Berdasarkan karakteristiknya, bakteri dengan bentuk basil dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. Sel tunggal (monobasil), contoh *Escherchia coli* dan *Klebsiella pneumoniae*
2. Bergandeng dua-dua (diplobasil)
3. Rantai (streptobasil)
4. Roset
5. Palisade/ tiang, contoh *Bacillus anthrax*

c. Bentuk spiral

Bakteri bentuk spiral memiliki satu atau lebih lekukan atau tidak berbentuk lurus. Bakteri spiral berbentuk batang yang melengkung seperti koma disebut vibrio bakteri yang berpilin kaku disebut spirilla dan bakteri yang berpilin fleksibel disebut spirochaeta bakteri dengan bentuk lengkung atau spiral dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Bentuk koma (vibrio) dengan lengkungan kurang dari setengah lingkaran atau seperti bengkok berukuran kecil, contoh bakteri vibrio cholere

2. Bentuk spiral dengan bakteri menyerupai spiral dengan lengkungan lebih dari setengah lingkaran, contoh *Helicobacter pylori*
3. Bentuk *Spirillum* dengan spiral yang halus dan lentur, lebih berkelok-kelok dengan ujung lebih runcing. Contoh bakteri *Treponema pallidum* yaitu bakteri penyebab sifilis.

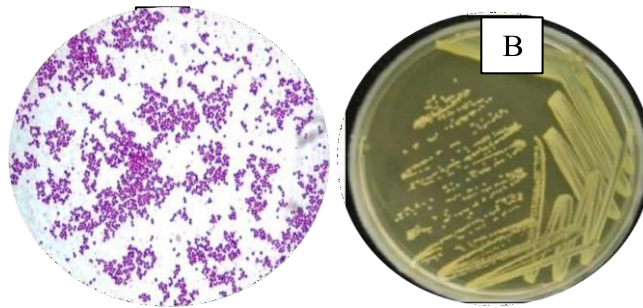
2.1.3 Struktur Bakteri

Bakteri memiliki struktur yang dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu struktur dasar dan struktur tambahan. Struktur dasar merupakan komponen yang umum ditemukan pada hampir semua jenis bakteri, meliputi dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penimpan. Sementara itu, struktur tambahan merupakan komponen yang hanya dimiliki oleh jenis bakteri tertentu, seperti kapsul, flagellum, pili, fimbria, kromosom, vakuola gas, dan endospora (Risando, 2023).

2.2 Bakteri Pada Pemeriksaan

2.2.1 Bakteri *Staphylococcus aureus* sp

Menurut (Taylor, 2023) *Staphylococcus aureus* adalah bakteri gram positif berbentuk bulat (kokus) yang sering bergerombol seperti buah anggur. Bakteri ini adalah flora normal pada manusia, namun juga bisa menjadi patogen penyebab berbagai penyakit. Beberapa sumber dan lainnya menjelaskan bahwa bakteri ini dapat menyebabkan infeksi kulit ringan hingga infeksi sistemik yang lebih serius, termasuk keracunan makanan.



Gambar 2.2.1 Bakteri *Staphylococcus aureus* pada media NAP. (Sumber: Evy R. E, 2018)

Keterangan gambar :

- Gambar A koloni mikroskopis bakteri *Staphylococcus aureus* dengan pewarnaan gram,
- Gambar B koloni makroskopis bakteri *Staphylococcus aureus* pada media Nutrient Agar plate (NAP).

2.2.2 Bakteri *Escherichia coli*

Menurut Hunowu (2023) *Escherichia coli* merupakan salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Bakteri ini merupakan bakteri indikator penentu makanan dan minuman. Sejak 1940 di Amerika Serikat telah ditemukan strainstrain *Escherichia coli* yang tidak merupakan flora normal saluran pencernaan. Strain tersebut dapat menyebabkan diare pada bayi. *Syerotipe* dari *Escherichia coli* yang dapat menyebabkan diare pada manusia disebut *Escherichia coli enteropatogenik* (EPEC).

Menurut (Pittara, 2022) *Escherichia coli* adalah bakteri umum yang dapat menyebabkan infeksi serius jika tidak ditangani dengan baik. Menjaga kebersihan makanan dan minuman, serta menerapkan praktik kebersihan diri yang baik adalah langkah-langkah penting dalam mencegah infeksi. Bakteri *Escherichia coli* ada

banyak jenisnya. Kebanyakan tidak berbahaya bagi manusia, tapi ada beberapa jenis yang dapat menyebabkan penyakit usus, di antaranya:

- a. *Enterotoksigenik Escherichia coli* (ETEC): Biasanya berkembang di masyarakat yang tidak memiliki sanitasi air dan makanan memadai.
- b. *Enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC): Bakteri ini yang paling umum menyebabkan penyakit. Biasanya terkontaminasi pada buah, sayuran, daging mentah atau kurang matang, dan daging giling.
- c. *Enteropatogen Escherichia coli* (EPEC): Bakteri yang menyebabkan diare berair dan dapat menular dari orang ke orang.
- d. *Enterogregatif Escherichia coli* (EAEC): Penyebab umum diare yang terjadi pada wisatawan di daerah yang memiliki sumber daya sanitasi maupun yang tidak.
- e. *Enteroinvasif Escherichia coli* (EIEC): Jenis yang jarang orang temukan, tapi memiliki hubungan dekat dengan Shigella.
- f. *Escherichia coli* yang melekat secara difusi (DAEC): Jenis bakteri ini dapat menutupi permukaan sel tubuh yang terinfeksi.



Gambar 2.2.2 *Escherichia coli* pada media EMBA. (Sumber: Cahyaningtyas et al., 2024)

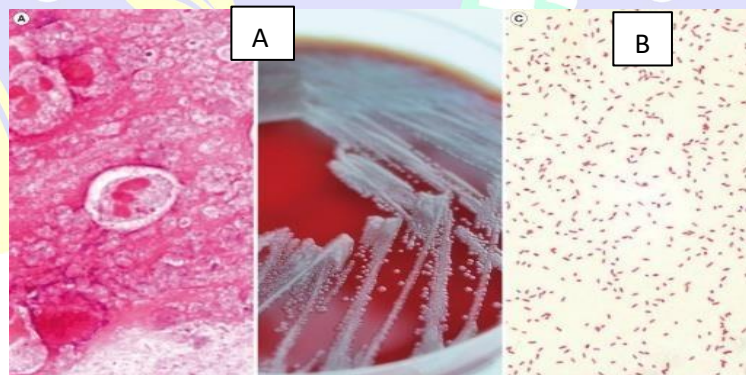
Keterangan gambar :

- Gambar A koloni makroskopis *Escherichia coli* pada media EMBA,
- Gambar B koloni mikroskopis *Escherichia coli* dengan pewarnaan gram.

2.2.3 Bakteri *Cedecea lapagei*

Menurut Cordova (2023) *Cedecea lapagei* adalah bakteri gram negatif, non-enkapsulasi, anaerob fakultatif yang telah dilaporkan hanya dalam beberapa kasus dengan berbagai presentasi klinis, kerentanan obat, dan pengobatan sejak isolasi pertamanya pada tahun 1981. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan laporan kasus *C. lapagei* di Peru dan meninjau secara sistematis laporan kasus terdokumentasi dari individu yang terinfeksi.

Cedecea lapagei adalah bakteri gram-negatif yang langka dan termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Meskipun biasanya ditemukan di lingkungan dan tidak berbahaya, bakteri ini dapat menyebabkan infeksi oportunistik, terutama pada orang yang sistem kekebalannya terganggu. Penyebab dan faktor risiko Infeksi *C. lapagei* sering terjadi pada individu yang memiliki satu atau lebih kondisi berikut (Hai P.D, 2020) :



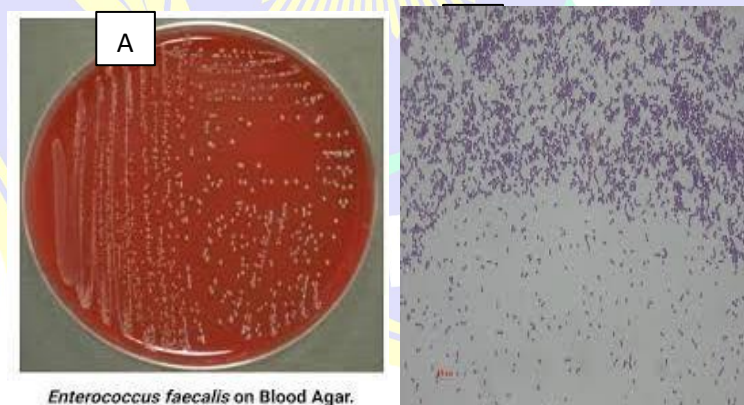
Gambar 2.2.3 Bakteri *Cedecea lapagei* pada media BAP. (Sumber: The Korean Society for Laboratory Medicine, 2015)

Keterangan gambar :

- Gambar A koloni makroskopis bakteri *Cedecea lapagai* pada media BAP.
- Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Cedecea lapagai* dengan pewarnaan gram ciri-ciri gram negatif yang tidak menyerap kristal violet, karena pada peptidoglikan yang memiliki bakteri tersebut terlalu tipis. Pada tahap pencucian alkohol, kristal violet akan luntur dan tidak menyerap sehingga terwarnai kembali oleh zat warna dari safranin yang menyebabkan bakteri gram negatif warna merah.

2.2.4 Bakteri *Enterococcus faecalis*

Menurut Safitri (2021) *Enterococcus faecalis* adalah bakteri yang menyebabkan 85-90% infeksi enterococcal. *Enterococcus* merupakan salah satu penyebab tersering infeksi nosokomial khususnya di unit perawatan intensif dan terseleksi oleh terapi sefalosporin. Lokasi infeksi tersering pada pasien adalah saluran kemih, luka, saluran empedu, dan darah. *Enterococcus* dapat menyebabkan meningitis dan bakteremia pada neonatus. Sedangkan pada orang dewasa, *Enterococcus* dapat menyebabkan endokarditis.



Gambar 2.2.4 Bakteri *Enterococcus faecalis* pada media BAP. (Sumber: Prashant Dahal, 2023)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Enterococcus faecalis* pada media BAP.
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Enterococcus faecalis* pewarnaan gram.

2.2.5 Bakter *Streptococcus hemolyticus*

Menurut (Meva, 2024) *Streptococcus hemolyticus* adalah bakteri yang termasuk dalam kelompok *Streptococcus* yang menyebabkan hemolisis pemecahan sel darah merah pada media agar darah. Kelompok ini dibagi lagi menjadi *Streptococcus* α -hemolytic dan β -hemolytic, dengan yang terakhir memiliki kemampuan hemolisis yang lebih kuat. *Streptococcus* β -hemolytic, termasuk faringitis radang tenggorokan, demam scarlet, dan demam rematik, impetigo, dan glomerulonefritis.

Radang tenggorokan:

1. Tenggorokan terasa gatal, sakit, dan panas
2. Demam
3. Sulit menelan atau disfagia
4. Tenggorokan serta amandel terlihat merah, bengkak, dan kotor
5. Bintik-bintik di langit-langit mulut
6. Hilang selera makan
7. Lemas
8. Pembengkakan kelenjar getah bening

Demam Scarlet:

1. Demam

2. Garis kemerahan yang muncul area lipatan
3. Lidah bengkak dan bergelombang
4. Ada bercak kemerahan, putih, bahkan ada kuning di tenggorokan
5. Membengkakan amandel
6. Terasa mual dan mutah-muntah
7. Kepala terasa sakit
8. Pucatnya kulit di area bibir

Demam reumatik:

1. Demam
2. Kelelahan
3. Sendi terasa nyeri
4. Merahnya area sendi, membengkak, bahkan rasa panas
5. Gerakan menghentak di tangan, kaki, atau kepala yang terjadi tanpa dikehendaki
6. Benjolan kecil dan ruam di kulit
7. Nyeri dada dan detak jantung yang cepat

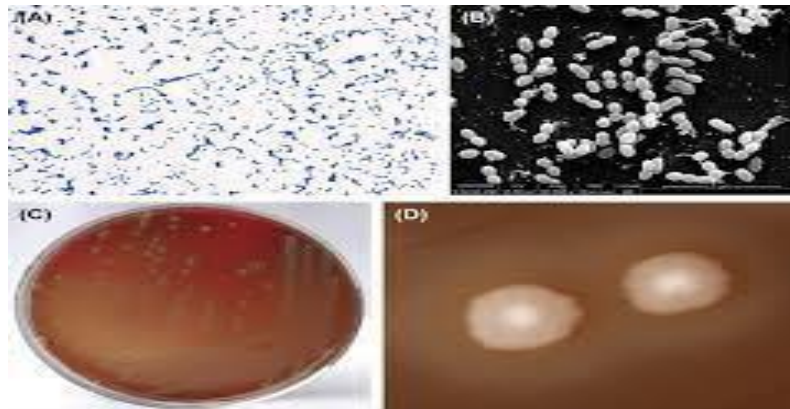
Impetigo:

1. Luka seperti kulit melepuh, umumnya di area wajah, yang cepat membesar dan pecah
2. Area yang lembap dan basah akibat pecahan lepuhan
3. Kerak berwarna coklat keemasan akibat cairan yang mengering

Glomerulonephritis:

1. Tekanan darah tinggi
2. Urine berwarna kemerahan dan berbusa

3. Pembengkakan di wajah, tungkai, dan perut



Gambar 2.2.5 Bakteri *Streptococcus hemolyticus* pada media BAP. (Sumber: Zhou and Li, 2015)

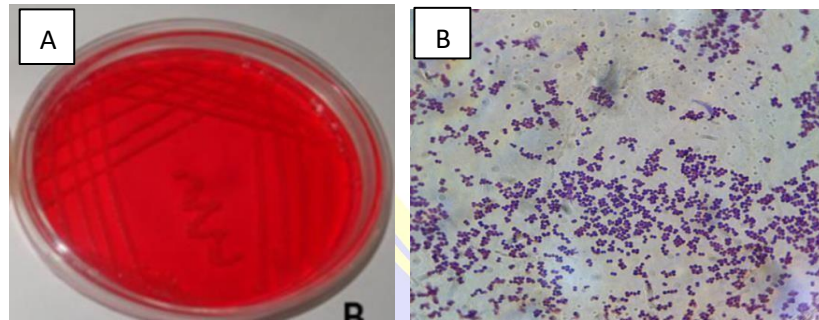
Keterangan gambar :

1. Gambar A koloni mikroskopis *Streptococcus hemolyticus* pewarnaan gram.
2. Gambar B koloni bakteri mikroskopis *Streptococcus hemolyticus* pewarnaan kapsul.

2.2.6 Bakteri *Staphylococcus epidermidis*

Menurut (Setiawan, 2022) *Staphylococcus epidermidis* merupakan salah satu spesies bakteri dari genus *Staphylococcus* yang dikenal sebagai patogen oportunisti, yang dapat menyebabkan infeksi pada individu dengan sistem kekebalan tubuh lemah. Sebagai salah satu dari tiga spesies bakteri gram positif *Staphylococcus* yang paling sering dijumpai, *Staphylococcus epidermidis* memiliki kepentingan klinis yang signifikan dan merupakan salah satu penyebab utama infeksi nosokomial, fakultatif, koagulase negatif, berbentuk kokus, dan berdiameter 0,5-1,5 μm , tidak mampu menghemolisa. Bakteri ini secara alami hidup pada kulit dan membran mukosa manusia. Dari perspektif klinis, bakteri ini cenderung menerang individu

yang memiliki kerentanan tinggi atau imunitas rendah, seperti pasien AIDS, pasien kritis, pengguna narkotika, bayi baru lahir, dan pasien rumah sakit yang menjalani perawatan jangka panjang.



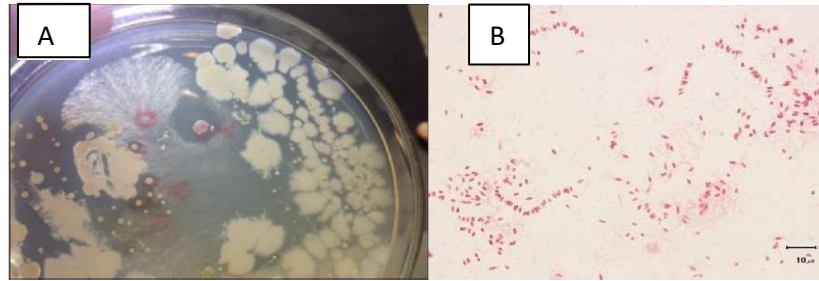
Gambar 2.2.6 Bakteri *Staphylococcus epidermidis* pada media MSA. (Sumber: M. Cezar Virgiawan, 2022)

Keterangan gambar :

1. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Staphylococcus epidermidis* pada media Mannitol Salt Agar (MSA).
2. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Staphylococcus epidermidis* pewarnaan gram, didapatkan hasil gram negatif karena tidak memfermentasi mannitol.

2.2.7 Bakteri *Paenibacillus alvei*

Menurut (Fatimah, 2022) *Paenibacillus alvei* adalah bakteri gram positif, berbentuk batang, dan termasuk dalam kelompok bakteri pembentuk spora. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, yang berarti dapat tumbuh baik dalam kondisi ada atau tanpa oksigen, dan bersifat mesofilik, tumbuh optimal pada suhu sedang. *Paenibacillus alvei* sering diisolasi dari berbagai sumber, termasuk lebah, susu, dan tanah.



Gambar 2.2.7 Bakteri *Paenibacillus alvei* pada media kultur standar yang padat dan kaya nutrisi seperti susu cair atau susu pasteurisasi (Sumber: New Zealand Entomologist, 2013)

Keterangan gambar :

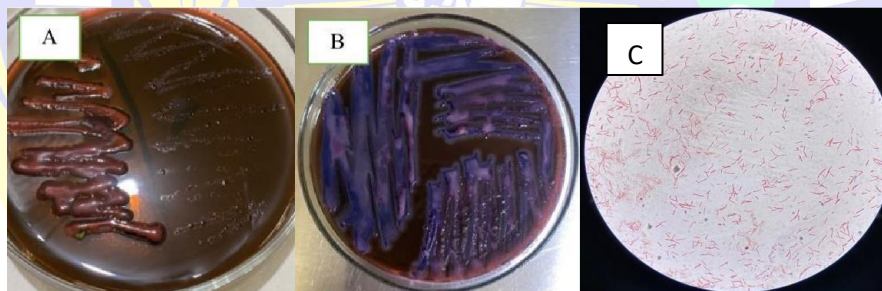
- a. Gambar A koloni mikroskopis bakteri *Paenibacillus alvei* pewarnaan gram, didapatkan dengan ciri-ciri gram negatif.
- b. Gambar B koloni mikroskopis tumbuh pada media kultur standar yang padat dan kaya nutrisi seperti susu cair atau susu pasteurisasi.

2.2.8 Bakteri *Klebsiella aerogenes*

Menurut (Nursanty, 2019) pengertian *Klebsiella aerogenes*, sebelumnya dikenal sebagai *Enterobacter aerogenes*, adalah bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini adalah anaerob fakultatif dan dapat ditemukan sebagai bagian dari flora normal usus manusia, tetapi juga bisa menjadi patogen *oportunistik*, menyebabkan berbagai infeksi.

- a. Klasifikasi: Bakteri ini sebelumnya diklasifikasikan sebagai *Enterobacter aerogenes*, tetapi analisis genomik menunjukkan bahwa lebih dekat hubungannya dengan.
- b. Karakteristik: *Klebsiella aerogenes* adalah bakteri berbentuk batang, Gram-negatif, dan anaerob fakultatif.

- c. Habitat: Bakteri ini adalah bagian dari flora normal usus manusia dan juga dapat ditemukan di lingkungan seperti air dan tanah.
- d. Infeksi: *Klebsiella aerogenes* dapat menyebabkan berbagai infeksi, terutama pada individu yang rentan atau di lingkungan rumah sakit infeksi *nosokomial*.
- e. Resistensi Antimikroba: Strain *Klebsiella aerogenes* telah menunjukkan peningkatan resistensi terhadap berbagai antibiotik, termasuk karbapenem, dan dapat mengembangkan resistensi terhadap antibiotik baru.
- f. Potensi Infeksi: Beberapa infeksi yang disebabkan oleh *Klebsiella aerogenes* meliputi infeksi saluran kemih, infeksi aliran darah, *pneumonia*, dan infeksi luka.
- g. Potensi Manfaat: Meskipun bisa menjadi patogen, beberapa strain *Klebsiella aerogenes* juga memiliki potensi manfaat, seperti produksi hidrogen



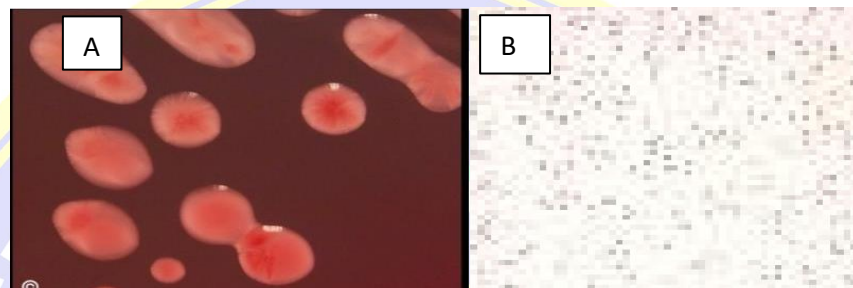
Gambar 2.2.8 Isolat *Klebsiella* Sp. pada media EMBA. (Sumber: Cahyaningtyas et al., 2024)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A dan B koloni makroskopis bakteri *Klebsiella* Sp. pada media EMBA.
- b. Gambar C koloni mikroskopis bakteri *klebsiella* sp. pewarnaan gram.

2.2.9 Bakteri *Enterobacter cloacae*

Menurut (Nurul, 2020) *Enterobacter cloacae* adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, yang berarti dapat hidup dalam kondisi ada atau tanpa oksigen. *Enterobacter cloacae* sering dikaitkan dengan infeksi nosokomial infeksi yang didapat di rumah sakit dan dapat menyebabkan berbagai infeksi pada manusia, termasuk *pneumonia*, sepsis, infeksi saluran kemih, infeksi luka, dan meningitis pada bayi baru lahir.



Gambar 2.2.9 Bakteri *Enterobacter cloacae* pada media Clead Agar. (Sumber: Medical Lab Notes, 2025)

Keterangan gambar :

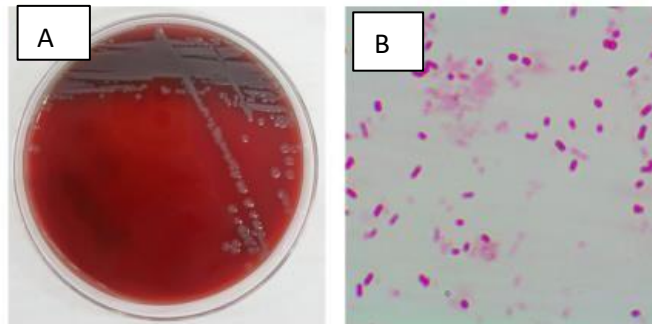
- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Enterobacter cloacae* pada media Clead Agar.
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Enterobacter cloacae* pewarnaan gram.

2.2.10 Bakteri *Enterobacter fergusonii*

Menurut (Wenjing Wu, 2020) *Enterobacter fergusonii* adalah spesies bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang termasuk dalam genus *Enterobacter*. Bakteri ini berkerabat dekat dengan *Escherichia coli*. Meskipun diketahui sebagai penyebab infeksi, bakteri ini lebih jarang menyebabkan penyakit pada manusia

dibandingkan spesies *Enterobacter* lainnya seperti *E. cloacae* atau *E. Aerogenes*.

Karakteristik *Enterobacter fergusonii* (Wenjing Wu, 2020):



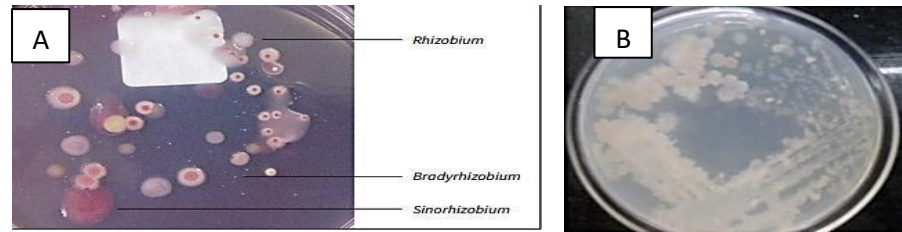
Gambar 2.2.10 Bakteri Enterobakter fergusonii pada media BAP. (Sumber: Fuyu An,2023)

Keterangan gambar :

1. Gambar A koloni makroskopis bakteri Enterobakter fergusonii pada media BAP.
2. Gambar B koloni mikroskopis bakteri Enterobakter fergusonii pewarnaan gram

2.2.11 Bakteri Rhizobium radiobacter

Menurut (Diange, 2019) *Rhizobium* adalah genus bakteri tanah Gram-negatif yang memfiksasi nitrogen. Spesies *Rhizobium* membentuk asosiasi pengikat nitrogen endosimbiotik dengan akar kacang-kacangan dan *parasponia*. Bakteri ini mengkolonisasi sel-sel tumbuhan di dalam nodul akar, di mana mereka mengubah nitrogen atmosfer menjadi amonia dan kemudian memberikan senyawa nitrogen organik seperti *glutamina* atau *ureida* ke tanaman. Tanaman, pada gilirannya, menyediakan senyawa organik yang dibuat dengan fotosintesis untuk bakteri. Hubungan yang saling menguntungkan ini terjadi pada semua *rhizobia*, di mana genus *Rhizobium* adalah contoh yang khas.



Gambar 2.2.11 Koloni Rhizobia dan Rhizobium pada media YEMA. (SUMBER: Howieson dan Dilworth, 2016; Pawar et al., 2014)

Keterangan gambar :

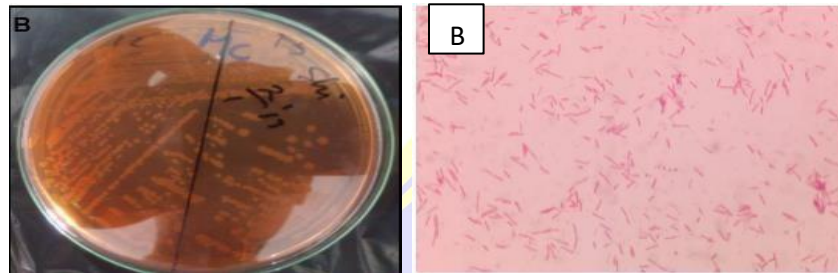
1. Gambar A dan B koloni makroskopis bakteri Rhizobium pada media YEMA.
2. Karakteristik bakteri dilakukan secara morfo-fisiologis, meliputi pengamatan bentuk koloni, warna, dan pertumbuhan pada media YEMA + CR. koloni Rhizobium dilanjutkan dengan warna merah jambu pada media tersebut (Dini et al. 2020).

2.2.12 Bakteri *Shigella dysentriae*

Menurut Pramudya (2021), *Shigella dysentriae* merupakan bakteri patogen yang menyebabkan penyakit global dengan jutaan kasus infeksi setiap tahunnya. Penularan bakteri ini dapat terjadi melalui kontak langsung dari manusia ke manusia, serta melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi. Faktor-faktor seperti rendahnya kerentanan terhadap asam lambung dan kontaminasi vektor juga dapat memperluas penyebaran penyakit ini. Termasuk dalam genus *Shigella* penyebab utama. Spesies *Shigella* yang dapat menyebabkan disentri meliputi, *Shigella Shiga Dysentriae*, *Shigella flexneri*, *Shigella bodii*, *Shigella sonnei* (Misnadiarly, 2024)

Shigella dysentriae merupakan bakteri berbentuk batang gram negatif yang ramping, dengan bentuk coccobacilli yang lebih jelas pada biakan muda. Bakteri

ini bersifat fakultatif anaerob , namun tumbuh paling baik dalam kondisi aerob dan tidak memiliki motilitas. Koloni *Shigella dysenteriae* memiliki karakteristik berbentuk konveks, bulat, transparan, dan memiliki tepi yang utuh (Mahon dkk, 2021).



Gambar 2.2.12 *Shigella dysenteriae* sp. pada media SSA. (Sumber: Batra, S., 2018)

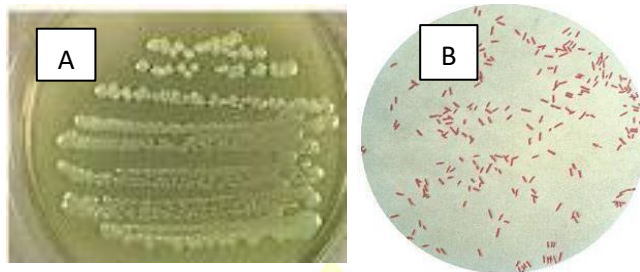
Keterangan gambar :

1. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Shigella dysenteriae* sp. pada media SSA.
2. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Shigella dysenteriae* sp. pewarnaan gram.

2.2.13 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Menurut (Nugroho, 2019) *Pseudomonas aeruginosa* merupakan flora normal usus dan kulit manusia dalam jumlah yang kecil serta merupakan patogen utama dalam grup *Pseudomonas*. *Pseudomonas aeruginosa* tersebar luas di alam dan biasanya ditemukan pada lingkungan yang lembab di rumah sakit. Bakteri tersebut membentuk koloni yang bersifat *saprophyt* pada manusia yang sehat, tetapi menyebabkan penyakit pada manusia dengan pertahanan tubuh yang tidak adekuat. *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri patogen *nosokomial* nomor empat yang paling banyak diisolasi dari semua infeksi yang didapat di rumah sakit. Infeksi yang terjadi pada darah, *pneumonia*, infeksi saluran kemih, dan infeksi sesudah

operasi dapat menyebabkan infeksi berat yang dapat menyebabkan kematian (Soekiman, 2019).



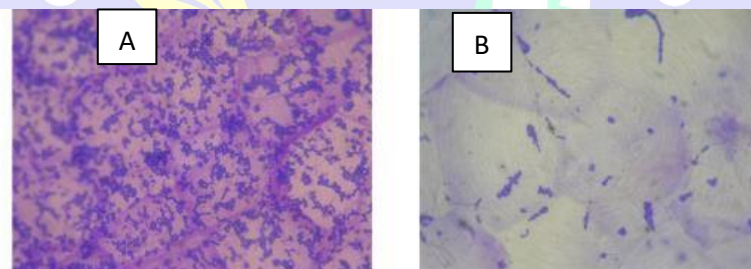
Gambar 2.2.13 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada media NAP. (Sumber: Evy R. E, 2018)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada media NAP.
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pewarnaan gram.

2.2.14 Bakteri *Staphylococcus intermedius*

Menurut (Heni Susilowati, 2019) "*Streptococcus intermedius*" adalah bakteri gram positif yang termasuk dalam kelompok bakteri viridans streptococci. Bakteri ini biasanya ditemukan di rongga mulut manusia dan dapat menjadi patogen *oportunistik*, terutama pada kasus abses otak.



Gambar 2.2.14 Bakteri *Staphylococcus intermedius*. (Sumber: Chmielm, 2024)

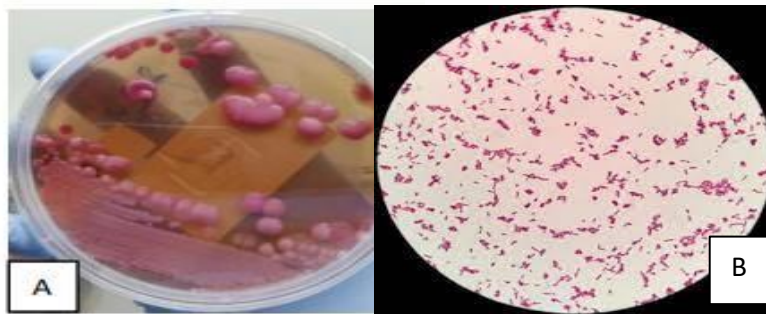
Keterangan gambar :

- a. Gambar A dan B koloni mikroskopis bakteri *Staphylococcus intermedius* pewarnaan gram.
- b. Karakteristik: *Streptococcus intermedius* adalah bakteri kokus (bulat) yang berbentuk rantai pendek dan bersifat anaerob fakultatif, artinya dapat tumbuh baik dengan atau tanpa oksigen.
- c. Peran dalam Infeksi: Meskipun sering dianggap sebagai flora normal mulut, *Streptococcus intermedius* dapat menyebabkan berbagai infeksi, terutama pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Beberapa infeksi yang terkait dengan bakteri ini termasuk abses otak, infeksi saluran pernapasan, infeksi gusi, dan infeksi pada luka.
- d. Patogenitas: Bakteri ini menghasilkan beberapa faktor virulensi, seperti *intermedilysin* (ILY), yang merupakan toksin yang dapat merusak sel inang dan berkontribusi pada perkembangan penyakit.
- e. Pencegahan dan Pengobatan: Pencegahan infeksi *Streptococcus intermedius* melibatkan menjaga kebersihan mulut yang baik dan mengobati infeksi yang mendasarinya. Pengobatan infeksi bakteri ini biasanya melibatkan penggunaan antibiotik, seperti penisilin atau sefalosporin. Infeksi *Streptococcus* adalah penyakit yang terjadi ketika bakteri golongan *Streptococcus* masuk ke dalam tubuh dan menimbulkan kerusakan. Infeksi bakteri ini dapat dialami oleh semua orang, mulai dari bayi, anak-anak, hingga orang dewasa.

2.2.15 Bakteri *Klebsiella pneumoniae*

Menurut (Suryanditha, 2024) *Klebsiella pneumoniae* adalah bakteri umum yang biasanya tidak berbahaya jika berada di dalam usus, tetapi dapat berbahaya

jika masuk ke bagian tubuh lainnya, terutama jika orang tersebut sudah sakit. Bakteri ini dapat berubah menjadi bakteri yang hampir tidak mungkin dilawan dengan antibiotik umum. Bakteri ini dapat menyebabkan *pneumonia*, menginfeksi luka atau darah dan menyebabkan masalah serius lainnya.



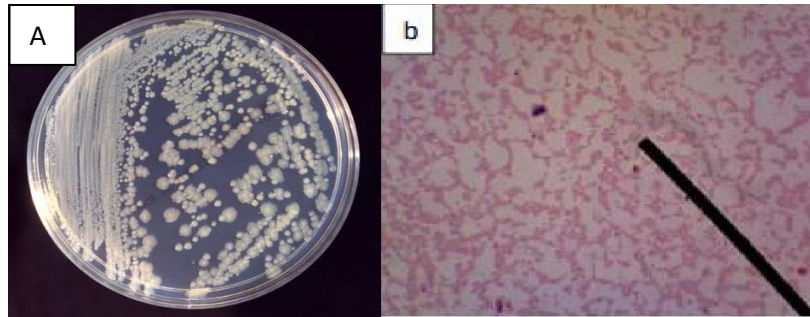
Gambar 2.2.15 Bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada media Mac Conkey (Sumber: Widyawati, 2024).

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Klebsiella pneumoniae* pada media Mac conkey (MC)
- b. Gambar B koloni makroskopis bakteri *Klebsiella pneumoniae* perarnaan gram.

2.2.16 Bakteri *Enterobacter agglomerans*

Menurut (Ikalor dan Allvanialista, 2019) *Enterobacter agglomerans* adalah nama lama dari *Pantoea agglomerans*, sebuah bakteri gram negatif berbentuk batang yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Dulu bakteri ini termasuk dalam genus *Enterobacter*, tetapi kemudian diklasifikasikan ulang menjadi genus *Pantoea*.



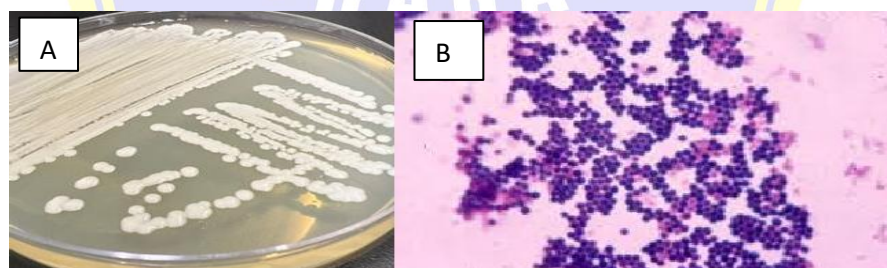
Gambar 2.2.16 Bakteri *Enterobacter agglomerans* pada media Nutrient Agar.
(Sumber: Djojokusumo, 2023)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Enterobacter agglomerans* pada media Nutrient Agar (NA).
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Enterobacter agglomerans* pewarnaan gram.

2.2.17 Bakteri *Staphylococcus hemolyticus*

Menurut (Braz J, 2023) seseorang yang mengidap penyakit DM rentan mengalami luka yang disebabkan karena tingginya gula dalam darah sehingga memicu datangnya bakteri patogen di area luka dan lamanya penyembuhan pada luka meningkatkan risiko komplikasi seperti infeksi yang lebih atau bahkan mengalami amputasi. Bakteri *Staphylococcus hemolyticus* di kenal sebagai bakteri *oportunistik* infeksi yang terjadi apa bila sistem imun melemah, bakteri ini ada di bagian flora normal kulit manusia pada ketiak, kelamin, area selangkangan.



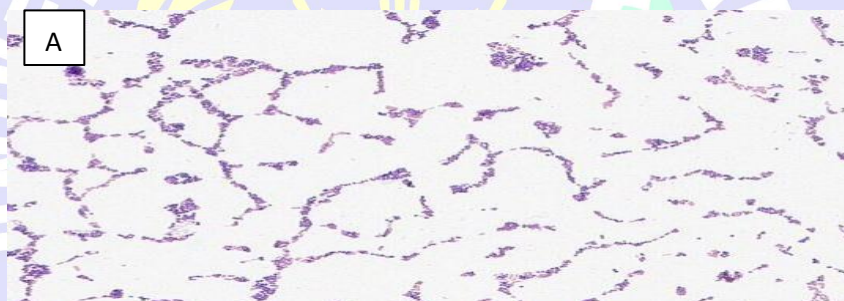
Gambar 2.2.17 Bakteri *Staphylococcus hemolyticus* pada media Mannitol Salt Agar. (Sumber: Czekaj, 2015)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Staphylococcus hemolyticus* pada media Mannitol Salt Agar dan bisa menyebabkan berbagai infeksi, dari infeksi kulit, persendian, saluran kemih, hingga otak dan sepsis infeksi sistemik, pada resistensi terhadap antibiotik bakteri ini cukup tinggi.
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Staphylococcus hemolyticus* pewarnaan gram.

2.2.18 Bakteri *Enterococcus raffinosus*

Menurut (Dalal, 2024) *Enterococcus raffinosus* adalah jenis gram negatif dari *Enterococcus*. Bakteri bersifat anaerob fakultatif dan dapat menyebabkan berbagai infeksi, terutama pada individu yang rentan atau dalam lingkungan rumah sakit.



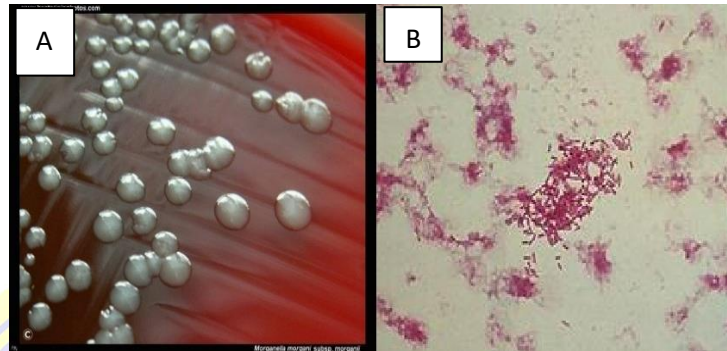
Gambar 2.2.18 Bakteri *Enterococcus raffinosus* pada media Selektif. (Sumber: Alexandru, 2022)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni mikroskopis bakteri *Enterococcus raffinosus* pewarnaan gram.
- b. Karakteristik: Termasuk bakteri gram positif, berbentuk coccus (bulat), dan dapat tumbuh dalam kondisi aerob maupun anaerob (anaerob fakultatif).

2.2.19 Bakteri *Morganella morganii*

Menurut (Nurul, 2024) *Morganella morganii* adalah patogen *oportunistik* Gram-negatif yang dapat menyebabkan berbagai infeksi, termasuk infeksi aliran darah, terutama pada mereka yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah . Bakteri ini sering kali resisten terhadap antibiotik, sehingga sulit diobati.



Gambar 2.2.19 Bakteri *Morganella morganii* pada media Blood Agar. (Sumber: Wikipedia, 2012).

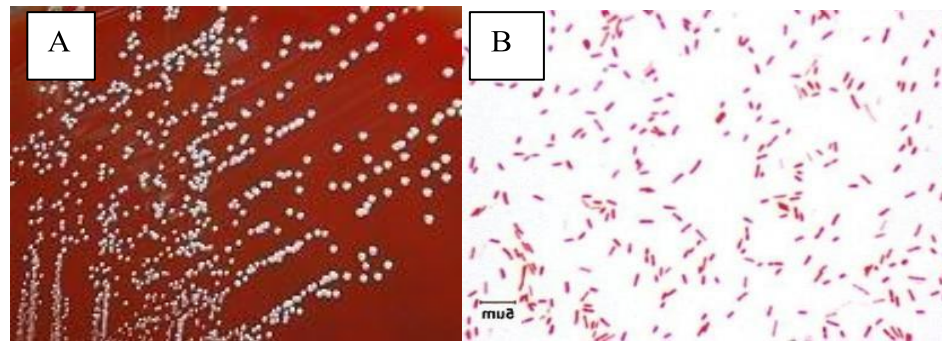
Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Morganella morganii* pada media blood agar
- b. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Morganella morganii* pewarnaan gram.

2.2.20 Bakteri *Proteus sp*

Menurut (Mufida. Dkk, 2019) Bakteri *Proteus sp* merupakan salah satu spesies Gram negatif yang umumnya ditemukan dalam saluran pencernaan manusia, dan dikenal sebagai salah satu penyebab utama infeksi saluran kemih (ISK). Kehadiran bakteri ini dalam saluran pencernaan dapat berujung pada infeksi jika terjadi translokasi ke saluran kemih, terutama pada individu dengan kondisi tertentu yang meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Sebagai patogen

oportunistik, *Proteus* sp dapat menyebabkan berbagai komplikasi, terutama pada pasien dengan sistem imun yang lemah atau mereka yang menggunakan kateter urinarius dalam jangka panjang. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri ini sering kali memerlukan penanganan yang tepat karena kemampuannya dalam menghasilkan urease, yang dapat menyebabkan pembentukan batu ginjal dan komplikasi lainnya.



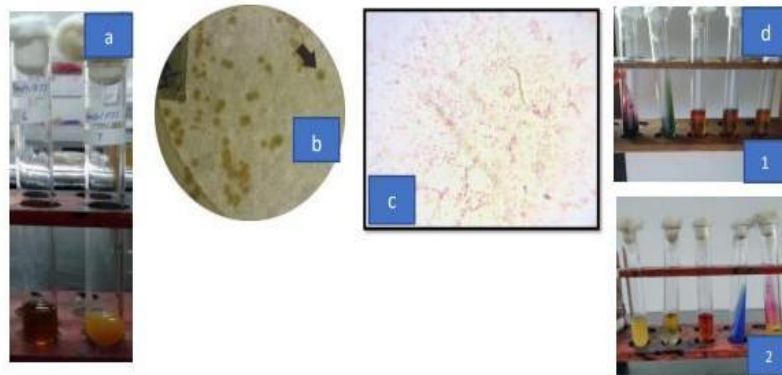
Gambar 2.2.20 Bakteri *Proteus* sp. pada media BAP (Sumber: Fouad H. Kamel, 2015).

Keterangan gambar :

1. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Proteus* sp. pada media BAP.
2. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Proteus* sp. pewarnaan gram.

2.2.21 Bakteri *Salmonella enterica*

Menurut (Giannella RA, 2016) *Salmonella enterica* adalah spesies bakteri gram negatif berbentuk batang yang termasuk dalam genus *Salmonella*. Ini adalah penyebab umum penyakit yang ditularkan melalui makanan (*foodborne diseases*) pada manusia dan hewan. Pencegah infeksi *Salmonella* dapat dilakukan dengan menjaga kebersihan makanan dan minuman, memasak makanan hingga matang, dan mencuci tangan secara teratur, terutama setelah kontak dengan hewan atau produk hewani.



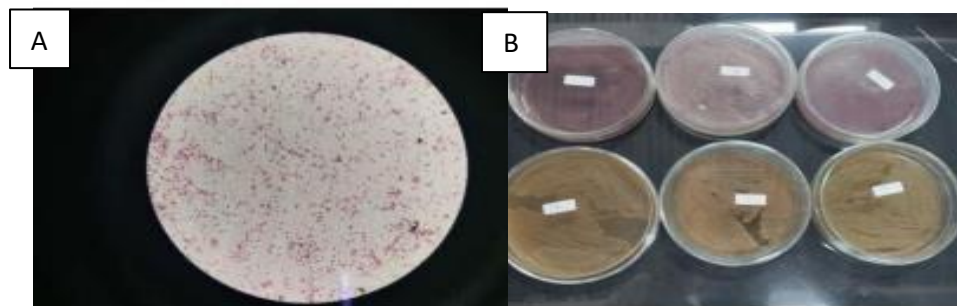
Gambar 2.2.21 Bakteri *Salmonella enterica* pada media SSA (Sumber: Ulya, 2020).

Keterangan gambar :

- a. Gambar A dan B koloni makroskopis bakteri *Salmonella enterica* pada media SSA.
- b. Gambar C koloni mikroskopis bakteri *Salmonella enterica* pewarnaan gram, didapatkan gram negatif, dan anaerob
- c. Gambar D1 dan D2 koloni makroskopis dengan uji biokimia reaksi.

2.2.22 Bakteri *Enterobacter* disease

Menurut (Noviyanti, 2017) *Enterobacter* adalah genus bakteri yang dapat menyebabkan berbagai infeksi, terutama di lingkungan pelayanan kesehatan. Bakteri ini umumnya ditemukan pada pencernaan manusia dan hewan. Infeksi *Enterobacter* yang umum meliputi infeksi saluran kemih, *pneumonia*, bakterimia, dan infeksi pada luka.



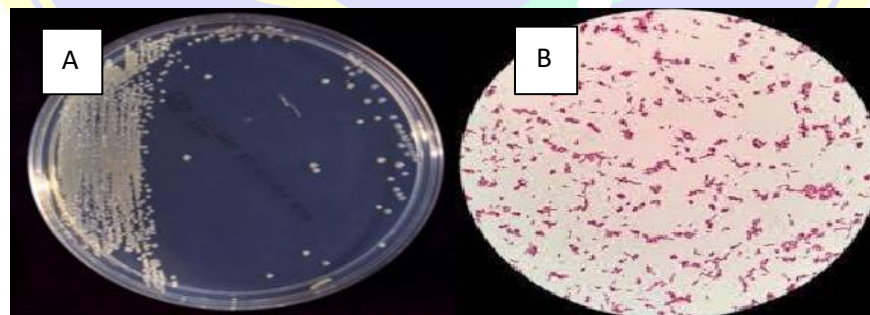
Gambar 2.2.22 Bakteri Enterobacter disease pada media MCA. (Sumber: Mu'arofah, 2023)

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni mikroskopis bakteri Enterobacter disease pewarnaan gram.
- b. Gambar B koloni makroskopis bakteri Enterobacter disease pada media MCA.

2.2.23 Bakteri Cronobakter sakazakii

Menurut Budiarmo (2019), infeksi bakteri Cronobakter sakazakii merupakan salah satu kondisi patologis, yang sebelumnya dikenal sebagai Enterobacter sakazakii. Merupakan genus gram negatif tersebar secara luas di lingkungan dan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi, sehingga dapat hidup dalam kondisi kering yang ekstrim sekalipun.



Gambar 2.2.23 Bakteri Cronobakter sakazakii atau Enterobacter sakazakii pada media kultur(Sumber : Farmer, 2018)

Keterangan gambar :

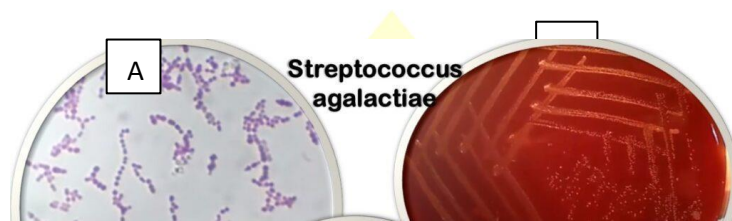
1. Gambar A koloni makroskopis bakteri *Cronobacter sakazakii* pada media kultur.
2. Gambar B koloni mikroskopis bakteri *Cronobacter sakazakii* pewarnaan gram.

2.2.24 Bakteri *Staphyococcus agalactiae*

Menurut Wulandari (2024), *Streptococcus agalactiae* adalah bakteri gram positif dengan bentukan rantai pendek berpasangan atau diplococci, non motil, non sporing, katalase negatif, dan bersifat beta hemolisa. Bakteri ini memproduksi kapsul polisakarida sehingga mampu bertahan pada inang yang bertemperatur tinggi. Bakteri ini merupakan golongan streptococcus grup b yang bersifat patogen pada manusia. Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit sepsis, infeksi saluran kemih, sistitis, dan bakteriuria asimtomatik. *Streptococcus agalactiae* berkolonisasi di saluran pencernaan dan saluran kemih pada orang dewasa sehat serta saluran genital pada wanita sehat.

Streptococcus agalactiae merupakan flora normal yang dapat ditemukan di vagina, rektum, atau saluran kemih wanita baik hamil maupun tidak. Meskipun *Streptococcus agalactiae* termasuk ke dalam flora normal namun dalam beberapa kondisi bakteri ini dapat bersifat patogen. Kondisi tersebut diantaranya adalah menurunnya sistem kekebalan tubuh atau adanya penyakit kronis. Infeksi *Streptococcus agalactiae* umumnya dapat terjadi pada ibu hamil dan ditularkan kepada bayinya. Infeksi ini juga dapat terjadi pada orang berusia di atas 60 tahun atau orang dengan obesitas, diabetes, gagal ginjal kronik atau gagal jantung kongestif. Gejala yang timbul pada infeksi *Streptococcus agalactiae* ada

berbagai macam tergantung lokasi bakteri tersebut menimbulkan infeksi. Demam, mual, hingga perubahan sistem saraf dapat terjadi jika bakteri berada pada aliran darah. Jika bakteri menginfeksi paru-paru maka akan muncul gejala batuk, sesak nafas, dan nyeri dada. Selain itu *Streptococcus agalactiae* juga dapat menimbulkan infeksi pada bagian tulang dan sendi dengan gejala munculnya kemerahan atau nyeri hingga terbentuknya nanah di permukaan (Wulandari, 2024)



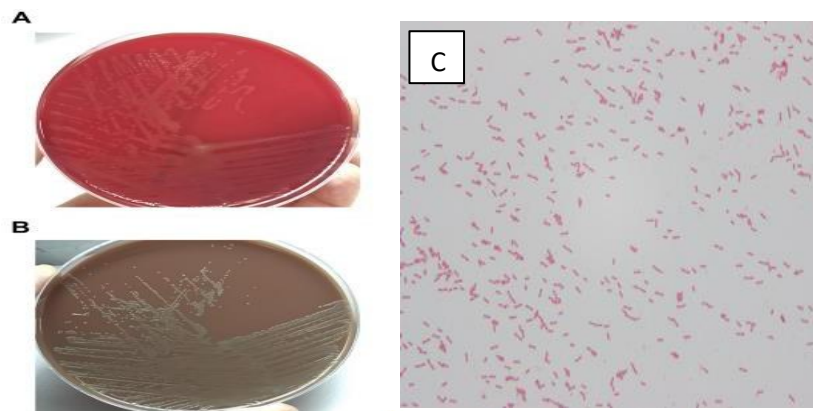
Gambar 2.2.24 Bakteri *Staphylococcus agalactiae* pada media BAP (Sumber: Puopolo. K. M., 2018).

Keterangan gambar :

- a. Gambar A koloni mikroskopis bakteri *Staphylococcus agalactiae* pewarnaan gram
- b. Gambar B koloni makroskopis bakteri *Staphylococcus agalactiae* pada media BAP.

2.2.25 Bakteri *Kingella denitrificans*

Menurut (Larry M. Bush, 2024) *Kingella denitrificans* adalah bakteri Gram negatif, aerob, dan mesofilik. Ia termasuk dalam genus *Kingella* dan sering ditemukan di orofaring manusia. Meskipun termasuk dalam genus yang sama dengan *Kingella kingae*, *Kingella denitrificans* jarang menyebabkan infeksi dibandingkan dengan *Kingella kingae*.



Gambar 2.2.25 Bakteri *Kingella denitrificans* pada media BAP (Sumber: Tekippe, 2016).

Keterangan gambar :

- a. Gambar A dan B koloni makroskopis bakteri *Kingella denitrificans* pada media BAP.
- b. Gambar C koloni bakteri mikroskopis bakteri *Kingella denitrificans* pewarnaan gram.

2.3 Diabetes Melitus

2.3.1 Faktor Penyebab

Faktor penyebab menurut (Yulanda, 2021) faktor-faktor risiko terjadinya diabetes melitus antara lain :

1. Tipe 1
 - a. Faktor genetik penderita tidak mewarisi diabetes tipe itu sendiri, tetapi mewarisi suatu predisposisi atau kecenderungan genetik kearah terjadinya diabetes tipe 1
 - b. Faktor imunologi (autoimun)
 - c. Faktor lingkungan : virus atau toksin tertentu dapat memicu proses autoimun yang menimbulkan estruksi sel beta

2. Tipe 2

a. Faktor keturunan (genetik)

Dapat langsung mempengaruhi sel beta dan mengubah kemampuannya untuk mengenali menyebarnya insulin. Keadaan ini meningkatkan kerentangan individu tersebut terhadap faktor lingkungan yang dapat mengubah integritas dan fungsi sel beta pankreas. Secara genetik risiko diabetes melitus tipe 2 meningkatkan *monozigotik* seseorang

b. Obesitas

Prevalensi obesitas pada diabetes melitus cukup tinggi terutama obesitas sentral berhubungan secara makna dengan sindrom dismetabolik dislipidemia, hiperglikemia, dan hipertensi yang didasari oleh insulin. Resistensi insulin pada diabetes dengan obesitas membutuhkan pendekatan khusus, penurunan berat badan 5-10% sudah memberikan hasil yang baik.

c. Usia

Faktor usia resiko menderita DM II adalah usia diatas 30 tahun, hal ini dikarenakan adanya perubahan anatomis, fisiologis dan biokimia. Perubahan dimulai sel, kemudian berlanjut pada tingkat organ yang dapat mempengaruhi homeostasis. Setelah seorang mencapai umur 30 tahun, maka kadar glukosa darah naik 1-2 mg % setelah makan, berdasarkan hal tersebut bahwa umur merupakan faktor utama terjadinya kenaikan relevansi diabetes serta gangguan toleransi glukosa

d. Tekanan darah

Pada umumnya penderita diabetes melitus akan mengalami hipertensi, jika terjadi hipertensi terus menerus akan mempercepat kerusakan pada ginjal dan kelainan kardiovaskuler. Sebaliknya apa bila tekanan darah dapat dikontrol maka akan memproteksikan terhadap komplikasi mikro dan makrovaskuler yang disertai pengelolaan hiperglikemia yang terkontrol

e. Aktivitas fisik

Selain faktor genetik bisa juga dipacu oleh lingkungan yang menyebabkan perubahan gaya hidup tidak sehat, seperti makan berlebihan berlemak dan kurang serat, kurang aktivitas fisik dan stress. DM tipe 2 sebenarnya dapat dikendalikan atau dicegah terjadinya melalui gaya hidup sehat dan aktivitas teratur. Mekanisme aktivitas fisik dalam mencegah dan menghambat perkembangan DM 2 yaitu:

1. Penurunan resistensi insulin/peningkatan sensitivitas insulin
2. Peningkatan toleransi glukosa
3. Penurunan lemak adiposa tubuh secara menyeluruh
4. Pengurangan lemak sentral
5. Perubahan jaringan otot

f. Stres

Stress muncul ketika ada ketidakcocokan antara tuntutan yang dihadapi dengan kemampuan yang dimiliki. Stress memicu reaksi biokimia tubuh melalui 2 jalur yaitu neural dan neuroendokrin. Reaksi pertama respon stress yaitu sekresi saraf simpatis untuk mengeluarkan

norepinefrin yang menyebabkan peningkatan frekuensi jantung. Kondisi ini menyebabkan glukosa darah meningkat guna sumber energi untuk perfusi. Bila stress menetap akan melibatkan *hipotalamus-pituari*. Hipotalamus mensekresi *corticotropin-releasing factor*, yang menstimulasi pituari anterior untuk memproduksi *Andrenocortocotropic* hormon (ACTH) kemudian menstimulasi pituari anterior untuk memproduksi glukokortikoid, terutama kortisol. Peningkatan kortisol mempengaruhi peningkatan glukosa darah melalui glukoneogenesis, katabolisme protein dan lemak.

g. Kadar kolestrol

Salah satu mekanisme kadar abnormal lipid darah erat kaitannya dengan obesitas hal ini terjadinya pelepasan asam-asam lemak bebas secara cepat yang berasal dari suatu lemak *visceral* yang membesar proses sirkulasi tingkat tinggi dari asam lemak bebas di hati, sehingga kemampuan hati untuk mengikat dan mengekstrak insulin dari darah menjadi berkurang dan mengakibatkan hiperinsulinemia dan peningkatan glukoneogenesis di mana glukosa darah meningkat sehingga menghambat pengambilan glukosa oleh otot.

h. Riwayat diabetes gestasional (Diabetes Kehamilan)

Diabetes melitus adalah riwayat ini terjadi pada masa kehamilan, dapat didiagnosa dengan menggunakan test toleran glukosa, terjadi pada saat memasuki 24 minggu kehamilan yang akan berkembang 25% menjadi diabetes melitus. Suatu kondisi dimana terjadi ketidak tahanan terhadap glukosa (*Intolerance glucose*) pada wanita hamil. Wanita yang

diketahui menderita diabetes melitus sebelum hamil tidak dikategorikan dalam diabetes melitus tipe ini.

2.3.2 Patofisiologi

Diabetes melitus tipe 2 disebabkan oleh faktor usia, genetik, obesitas yang menjadikan sel beta pankreas mengalami penurunan fungsi mengakibatkan terjadinya gangguan sekresi insulin yang seharusnya didapat oleh tubuh. Gangguan sekresi insulin mempengaruhi tingkat produksi insulin, sekresi insulin yang tidak adekuat membuat produksi insulin menjadi menurun dan mengakibatkan ketidakseimbangan produksi insulin (Ebani, V. V, 2020).

Penurunan sekresi intra sel menjadikan insulin tidak terikat dengan reseptor khusus pada permukaan sel yang pada akhirnya gula dalam darah tidak dapat dibawah masuk oleh sel. *Postprandial* (sesudah makan), tidak adanya insulin disebabkan karena adanya peradangan di sel beta pankreas dan akan timbul reaksi antibodi terhadap sel beta yang disebut ICA (Islet Cell Antibody). Kondisi glukosa yang cukup tinggi membuat ginjal tidak dapat menyerap kembali semua glukosa yang tersaring keluar glukosa tersebut muncul dalam urinaria yang mengakibatkan pengeluaran cairan dan elektrolit yang berlebih. Keadaan ini dinamakan diuresis osmotik sebagai akibat dari kehilangan cairan yang berlebih sehingga pasien mengalami peningkatan dalam berkemih (poliuria) dan rasa haus polidipsi (Demaure et.al, 2019).

2.3.3 Manifestasi Klinis

Manifestasi menurut (Fusvita, 2023) :

1. poliuria banyak kencing merupakan gejala umum pada penderita diabetes melitus seringnya membuang air kecil ini disebabkan kadar gula dalam darah glukosa yang berlebih sehingga merangsang tubuh untuk

mengeluarkan kelebihan gula tersebut melalui ginjal bersama urin. Gejala ini muncul pada malam hari yaitu saat kadar gula dalam darah relative lebih tinggi.

2. Polidipsi banyak minum gejala ini merupakan reaksi tubuh untuk menghindari kekurangan cairan dehidrasi karena tubuh banyak mengeluarkan air secara otomatis menimbulkan rasa haus untuk menghentikan cairan yang keluar. Selama kadar gula dalam darah belum terkontrol baik akan terus merasa kehausan
3. Polipagi banyak makan gejala ini mempengaruhi kurangnya cadangan gula dalam tubuh meskipun kadar gula dalam darah tinggi dan insulin tidak berfungsi dengan baik dalam menyalurkan gula sebagai sumber tenaga dalam tubuh, membuat tubuh merasa lemas sehingga timbul rasa lapar
4. Rasa lelah dan kelemahan otot akibat dari gangguan aliran darah pada klien diabetes lama, katabolisme protein diotot dan tidak mampuan sebagian besar sel dalam menggunakan glukosa sebagai energi.
5. Peningkatan angka infeksi akibat penurunan protein sebagai bahan pembentukan antibodi, peningkatan konsentrasi glukosa disekresi mukus, gangguan fungsi imun dan penurunan aliran darah pada penderita diabetes kronik
6. Kelainan kulit berupa gatal-gatal
7. Kelainan genkologis keputihan dengan penyebab jamur candida
8. Kesemutan rasa kebas akibat terjadinya neuropati karena regenerasi sel syaraf mengalami gangguan akibat kekurangan bahan dasar utama seperti protein

9. Kelemhan tubuh terjadi akibat penurunan produksi energi metabolik
10. Mata kabur yang disebabkan oleh gangguan refraksi akibat perubahan pada lensa mata oleh hiperglikemia.

2.3.4 Komplikasi

Hasil gula darah tetap tinggi menimbulkan berbagai komplikasi yang didapat setelah pemeriksaan diantaranya sebagai berikut menurut Meyko, (2022) :

1. Akut
 - a. Hipoglikemia dan Hiperglikemia
 - b. Penyakit makrovaskular : mengenai pembuluh darah besar, penyakit jantung koroner (cerebrovaskuler, penyakit pembuluh darah kapiler) sehingga dapat menyebabkan kematian.
 - c. Penyakit mikrovaskular : jika mengenai pembuluh darah kecil, retinopati, nefropati.
 - d. Neuropati saraf sensorik berpengaruh pada ekstremitas, saraf otonom berpengaruh pada gastro intestinal, kardiovaskuler.
2. Komplikasi menahun diabetes melitus
 - a. Neuropati diabetik
 - b. Retinopati diabetik
 - c. Nefropati diabetik
 - d. Proteinuria
 - e. Kelainan koroner
 - f. Ulkus/gangren

2.3.5 Pemeriksaan Penunjang

Pemeriksaan penaring merupakan langkah penting dalam mendeteksi dini diabetes melitus pada kelompok dengan risiko tinggi. Kelompok ini meliputi

individu dengan usia dewasa tua (>40 tahun), obesitas, tekanan darah tinggi, riwayat keluarga diabetes melitus, riwayat kehamilan dengan berat badan bayi (>4000 gram), riwayat diabetes melitus kehamilan, dan dislipidemia. Pemeriksaan penyakit dapat dilakukan dengan memeriksa glukosa darah sewaktu, atau kadar gula puasa, yang kemudian dapat diikuti dengan Tes Toleransi Glukosa Oral (TTGO) standart (Moyko, 2022)

2.4 Luka Diabetes

2.4.1 Etiologi

Ulkus kaki diabetes melitus disebabkan oleh neuropati, trauma, tekanan plantar kaki, penyakit arteri perifer, dan deformitas kaki. Faktor risiko utamanya adalah neuropati, trauma, dan deformitas kaki (critical triad). Faktor lain termasuk iskemi, kalus, dan edema. Infeksi biasanya terjadi sekunder pada luka yang ada pada pasien diabetes melitus (Harni, 2023)

2.4.2 Tanda dan Gejala Ulkus Diabetikum

Menurut Pramadinanti (2023), tanda dan gejala ulkus diabetes melitus dapat diklasifikasikan berdasarkan stadium sebagai berikut:

- a. Ulkus diabetik stadium I ditandai dengan adanya tanda-tanda asimtomatis atau kesemutan.
- b. Pada stadium II, mulai terjadi klaudikasio intermetten, yaitu nyeri yang timbul akibat sirkulasi darah tidak lancar merupakan tanda awal penyakit arteri perifer.
- c. Pada stadium III, nyeri tidak hanya terjadi saat aktivitas tetapi juga setelah istirahat.
- d. Pada stadium IV, terjadi kerusakan jaringan akibat anoksia (nekrosis ulkus).

2.4.3 Klasifikasi Ulkus Diabetikum

Klasifikasi Ulkus Kaki Diabetikum Menurut Wagner-Meggitt dalam Pramadinanti (2023) adalah sebagai berikut :

a. Skala

1. Grade 0 : Tidak ada lesi yang terbuka, luka masih dalam keadaan utuh.
2. Grade 1: Ulkus Superfisial yang melibatkan seluruh bagian lapisan kulit tanpa menyebar ke bagian jaringan.
3. Grade 2: Ulkus dalam, menyebar sampai ligament, otot, tapi tidak ada keterlibatan dengan tulang serta pembentukan abses.
4. Grade 3: Ulkus dalam disertai oleh pembentukan abses atau selulitis sering disertai dengan osteomyelitis.
5. Grade 4: Gangren yang terdapat pada jari kaki atau bagian distal kaki dengan atau tanpa adanya selulitis.
6. Grade 5: Gangren yang terjadi pada seluruh kaki atau sebagian pada Tungkai.

2.4.4 Faktor Terjadinya Ulkus Diabetikum

Faktor risiko terjadinya ulkus diabetikum menurut Sucitawati (2021), yaitu:

1. Lama menderita penyakit diabetes melitus (≥ 10 tahun) Semakin lama seseorang menderita diabetes melitus menyebabkan pasien mengalami keadaan hiperglikemia yang lama dan semakin besar peluang untuk menderita hiperglikemia kronik. Keadaan hiperglikemia yang terus menerus menyebabkan terjadinya hiperglisolia yaitu keadaan sel yang kebanjiran glukosa. Hiperglisolia kronik akan mengubah homeostasis biokimiawi sel tersebut yang kemudian berpotensi untuk terjadinya perubahan dasar terbentuknya komplikasi kronik diabetes melitus

2. Kontrol gula darah yang buruk Kadar gula darah yang tidak terkontrol dengan baik dapat mempercepat perkembangan retinopati diabetic, nefropati dan neuropati pada pasien diabetes melitus dengan ketergantungan insulin. Pasien diabetes dengan hiperglikemia yang tidak terkontrol dapat menyebabkan neuropati dan dapat terkena komplikasi mikrovaskuler dan neuropati. Terjadinya neuropati dapat meningkatkan risiko ulserasi kaki karena peningkatan beban tekanan dan gaya geser

3. Usia (≥ 60 tahun) Kejadian ulkus diabetikum juga berkaitan dengan umur ≥ 60 tahun karena pada usia tua, fungsi tubuh secara fisiologis mengalami penurunan karena proses aging seperti sekresi atau resistensi insulin yang menurun sehingga kemampuan fungsi tubuh dalam mengendalikan glukosa darah yang tinggi tidak optimal.

4. Obesitas Pada pasien obesitas dengan indeks masa tubuh atau IMT ≥ 23 kg/m² (wanita) dan IMT ≥ 25 kg/m² (pria) atau berat badan relatif lebih dari 120% akan lebih sering terjadi resistensi insulin. Hiperinsulinemia adalah keadaan yang menunjukkan apabila kadar insulin melebihi 10 μ U/ml, dapat menyebabkan aterosklerosis yang berdampak pada vaskulopati, sehingga terjadi gangguan sirkulasi darah sedang/besar pada tungkai yang menyebabkan tungkai lebih mudah mengalami ulkus diabetikum

5. Perawatan kaki yang buruk Pada orang yang mengalami diabetes melitus harus rutin menjaga kebersihan area kaki. Jika tidak di bersihkan maka akan mengalami gangguan peredaran darah dan syaraf mengalami kerusakan yang mengakibatkan sensitivitas terhadap rasa nyeri sehingga akan sangat mudah mengalami cidera tanpa di sadari. Masalah yang sering timbul pada area kaki yaitu

kapalan, mata ikan, cantengan (kuku masuk ke dalam), kulit kaki mengalami retak atau pecah-pecah, luka karena kutu air dan kutil pada telapak kaki

6. Kurangnya aktivitas fisik Aktivitas fisik olahraga sangat bermanfaat untuk meningkatkan sirkulasi darah, menurunkan berat badan dan memperbaiki sensitivitas terhadap insulin, sehingga akan memperbaiki kadar glukosa darah. Dengan kadar glukosa darah terkendali maka akan mencegah komplikasi kronik. Diabetes melitus. Olahraga rutin lebih 3 kali dalam seminggu selama 30 menit akan memperbaiki metabolisme karbohidrat, berpengaruh positif terhadap metabolisme lipid dan sumbangan terhadap penurunan berat badan. Salah satu penelitian tentang efek olah raga pada penderita diabetes melitus menunjukkan bahwa olah raga akan menurunkan kadar trigliserida pada penderita diabetes melitus dengan neuropati, hasil penelitian olah raga tidak teratur akan terjadi ulkus diabetika lebih tinggi 4 kali dibandingkan dengan olah raga yang teratur.

7. Penggunaan alas kaki yang tidak tepat Kejadian ulkus diabetikum dapat diturunkan dengan penggunaan alas kaki yang benar, karena dengan menggunakan alas kaki yang tepat, tekanan pada plantar kaki dapat dikurangi dan mencegah serta melindungi kaki agar tidak tertusuk benda tajam.

2.4.5 Pencegahan Ulkus Diabetikum

Menurut Sucitawati (2021) Untuk mencegah terjadinya ulkus diabetikum, beberapa hal yang dapat dilakukan keluarga dan pasien secara mandiri yaitu:

1. Pemeriksaan kondisi kaki setiap hari Pemeriksaan kondisi kaki penderita diabetes melitus perlu dilakukan sehari sekali untuk melihat adanya kelainan seperti kemerahan, lecet, kulit pecah-pecah, bengkak dan nyeri. Gangguan sensitivitas pada penderita diabetes melitus dapat mengakibatkan pasien tidak sensitive merasakan luka kecil di kaki.

2. Mencuci kaki bertujuan untuk mencegah infeksi pada kaki, yang dilakukan dengan menggunakan sabun dan washlap. Jangan menggunakan air yang terlalu panas dan merendam kaki lebih dari 3 menit karena akan menimbulkan maserasi. Menggosok kaki harus dilakukan dengan berhati-hati dan menggunakan sikat yang lembut karena luka gores dapat memicu terjadinya ulkus. Setelah mencuci kaki, segera keringkan kaki dengan menepuk-nepuk secara perlahan dengan handuk yang lembut. Keringkan sela-sela jari kaki untuk mencegah pertumbuhan jamur.
3. Perawatan kuku yang panjang dan kurang terawat dapat menjadi sarang kuman dan hal ini sangat berbahaya karena penderita diabetes melitus memiliki kekebalan tubuh yang rendah dibandingkan dengan orang yang sehat. Memotong kuku tidak boleh melebihi panjang jari serta jangan terlalu pendek dan dalam.
4. Perawatan kulit dilakukan dengan memberikan pelembab dua kali sehari pada bagian kaki yang kering agar kulit tidak menjadi retak, sehingga dapat mencegah terjadinya ulkus diabetikum.
5. Pemilihan alas kaki yang digunakan harus sesuai dengan ukuran kaki jangan terlalu sempit dan terlalu longgar. Sebelum menggunakan alas kaki cek terlebih dahulu apakah ada benda asing agar tidak menimbulkan lecet saat memakainya. Menggunakan sandal jepit harus berhati-hati agar tidak menimbulkan lecet pada sela-sela ibu jari. Kaus kaki yang digunakan terbuat dari bahan yang lembut dan dapat menyerap keringat seperti bahan dari katun. Jahitan yang kasar dapat menyebabkan tekanan dan lecet.

6. Senam kaki diabetes melitus adalah latihan yang dapat dilakukan oleh penderita diabetes melitus dengan cara melakukan gerakan pada kaki untuk melancarkan peredaran darah pada kaki dan mencegah terjadinya kelainan bentuk pada kaki. Fungsi senam kaki diabetes melitus adalah memperkuat otot-otot kaki seperti otot betis dan otot paha serta dapat mengatasi keterbatasan gerak sendi. Melakukan senam kaki harus sesuai dengan indikasi serta perhatikan kondisi dan kemampuan pasien diabetes melitus.

