

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Daya Tahan Otot

Jaringan otot terdiri dari sel-sel berbentuk panjang yang disebut serat otot atau miosit, yang mampu menggunakan ATP (*Adenosine Triphosphate*) untuk menghasilkan kekuatan dengan cara berkontraksi. Akibatnya, jaringan otot berperan dalam menciptakan gerakan tubuh, menjaga postur, serta menghasilkan panas. Selain itu, jaringan otot juga berfungsi sebagai proteksi. Melalui kontraksi yang berkelanjutan atau kontraksi dan relaksasi secara bergantian, jaringan otot memiliki empat fungsi utama, yaitu menghasilkan gerakan tubuh, menstabilkan posisi tubuh, menyimpan dan memindahkan zat-zat di dalam tubuh, dan menghasilkan panas. Fungsi-fungsi tersebut diuraikan di bawah ini (Sherwood, 2016); (Tortora & Derrickson, 2017)

a. Melakukan gerakan fisik

Pengoperasian otot rangka, tulang, dan sendi yang terkoordinasi sangat penting untuk gerakan yang melibatkan seluruh tubuh, seperti berjalan dan berlari, serta gerakan yang lebih kecil yang disebabkan oleh kontraksi otot, seperti mencengkeram benda atau menganggukkan kepala.

b. Stabilitas posisi tubuh

Untuk menstabilkan persendian dan menjaga tubuh tetap dalam posisi tertentu, seperti berdiri atau duduk, otot-otot rangka harus berkontraksi. Ketika posisi tubuh terjaga, otot postural akan selalu bergerak misalnya, otot leher bekerja tanpa henti untuk menjaga kepala tetap tegak.

c. Mengangkut dan menyimpan bahan di dalam tubuh

Penyimpanan dilakukan melalui kontraksi sfingter yang berkepanjangan, yang merupakan pita otot polos berbentuk cincin yang menghentikan keluarnya isi organ. Keluaran dari organ-organ ini dapat menyimpan sementara makanan di dalam perut atau urin di dalam kandung kemih karena sfingter otot polos yang berkontraksi mengakibatkan menyempitnya bahkan menutupnya "pintu keluar" organ tertentu. Otot jantung berkontraksi untuk memompa darah melalui arteri darah tubuh. Otot polos pembuluh darah membantu mengubah diameter pembuluh darah dan karenanya mengontrol laju aliran darah dengan cara berkontraksi dan berelaksasi. Selain itu, kontraksi otot polos mendorong sperma dan oosit melalui lorong-lorong sistem reproduksi dan urin melalui sistem kemih. Otot polos juga mengangkut makanan dan senyawa seperti empedu dan enzim melalui saluran pencernaan. Pengaliran getah bening dan kembalinya darah ke jantung dibantu oleh kontraksi otot rangka.

d. Menghasilkan panas

Termogenesis adalah proses menghasilkan panas saat jaringan otot berkontraksi. Sebagian besar panas yang dihasilkan oleh otot digunakan untuk menjaga suhu tubuh tetap normal. Menggigil, atau kontraksi otot rangka yang tidak terkendali, dapat mempercepat pembentukan panas.

Berdasarkan lokasi dan ciri-ciri struktural dan fungsionalnya, jaringan otot dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu otot rangka, otot jantung, dan otot polos. Pada pembahasan ini penulis akan memfokuskan pada otot rangka. Istilah "otot rangka" sesuai pada faktanya bahwa jaringan ini biasanya ditemukan pada tulang kerangka.

Karakteristik lainnya adalah luriknya, yang merupakan pita-pita benang terang dan gelap yang bergantian yang dapat dilihat di bawah mikroskop cahaya. Panjang serat otot rangka bervariasi tergantung pada otot, mulai dari beberapa sentimeter pada otot kecil hingga 30-40 cm pada otot terpanjang. Serat otot memiliki beberapa inti yang tersebar di seluruh strukturnya yang umumnya berbentuk silinder. Serat otot individu dapat berjalan sejajar satu sama lain di dalam satu otot (Tortora & Derrickson, 2017);(Sherwood, 2016)

Sel-sel otot memiliki kemampuan untuk memendek atau berkontraksi. Kelompok sel otot yang bekerja sama di dalam otot dapat bergerak dan melakukan pekerjaan karena kapasitasnya yang sangat berkembang untuk berkontraksi. Kontraksi otot yang terkendali memungkinkan beberapa fungsi yang berbeda, yaitu gerakan yang disengaja dari seluruh tubuh atau bagian tubuh tertentu dan manipulasi benda-benda di luar tubuh(Tortora & Derrickson, 2017)

Kontraksi otot terjadi karena kepala miosin berikatan dan bergerak di sepanjang filamen tipis di kedua ujung sarkomer, dan menarik filamen tipis ke arah garis M. Filamen tipis akibatnya bergerak ke dalam dan bersatu di inti sarkomer. Filamen-filamen tersebut bahkan mungkin bersilangan ujung-ujungnya ketika bertemu satu filamen bertemu dengan yang lainnya. Cakram Z bergerak lebih dekat satu sama lain saat filamen tipis bergerak ke dalam, yang mengakibatkan memendeknya sarkomer dalam prosesnya. Namun, panjang filamen tebal dan tipis secara individual tetap konstan. Memendeknya sarkomer menyebabkan seluruh serat otot menjadi lebih pendek, yang

menyebabkan seluruh otot menjadi lebih pendek (Tortora & Derrickson, 2017)

Pada permulaan kontraksi, retikulum sarkoplasma melepaskan ion kalsium (Ca^{2+}) ke dalam sitosol. Di sana, ion-ion tersebut berikatan dengan troponin. Troponin kemudian memindahkan tropomiosin dari tempat pengikatan miosin pada aktin. Setelah tempat pengikatan terlepas, siklus kontraksi dimulai. Siklus kontraksi terdiri dari empat langkah. Langkah-langkah siklus kontraksi akan diuraikan di bawah ini (Tortora & Derrickson, 2017)

1. Hidrolisis ATP

Tempat pengikatan ATP dan ATPase, enzim yang mengubah ATP menjadi ADP (*Adenosine Diphosphate*) dan gugus fosfat, ditemukan di kepala miosin. Kepala miosin menjadi berenergi dan arahnya diubah oleh peristiwa hidrolisis ini. Kepala miosin masih memiliki produk hidrolisis ATP yang melekat padanya.

2. Penempelan miosin ke aktin untuk membentuk *crossbridges*

Tempat pengikatan miosin aktin adalah tempat kepala miosin yang berenergi mengikat, melepaskan gugus fosfat yang sebelumnya dihidrolisis. *Crossbridges* terbentuk selama kontraksi ketika kepala miosin melekat pada aktin.

3. *Power stroke*

Setelah *crossbridges* terbentuk, *power stroke* terjadi. Selama *power stroke*, lokasi pada *crossbridges* tempat ADP masih terikat, terbuka. Akibatnya, *crossbridges* berputar dan melepaskan ADP. *Crossbridges* menghasilkan gaya saat berputar ke

arah pusat sarkomer, menggeser filamen tipis melewati filamen tebal ke arah garis M.

4. Pelepasan miosin dari aktin

Pada akhir *power stroke*, *crossbridges* tetap melekat erat pada aktin sampai mengikat molekul ATP lainnya. Saat ATP berikatan dengan tempat pengikatan ATP pada kepala miosin, kepala miosin terlepas dari aktin.

Siklus kontraksi berulang sampai myosin ATPase memecah molekul ATP yang baru terikat, dan hal ini berlangsung selama ATP masih ada dan level Ca^{2+} yang dekat dengan filamen tipis cukup tinggi. Dengan setiap *power stroke*, *crossbridges* terus berputar, menarik filamen tipis ke arah garis M. Satu filamen tebal mengandung 600 *crossbridges*, yang masing-masing menempel dan melepaskan diri sekitar lima kali setiap detik. Pada waktu tertentu, beberapa kepala miosin terikat pada aktin dan menciptakan *crossbridges* dan kekuatan, sementara kepala miosin lainnya tidak terikat dengan aktin dan bersiap untuk mengikat sekali lagi (Tortora & Derrickson, 2017)

Saat siklus kontraksi berlangsung, gerakan *crossbridges* mengerahkan gaya yang menarik cakram Z ke arah satu sama lain, memperpendek sarkomer. Jarak antara dua cakram Z dapat dikurangi hingga setengah dari panjang istirahatnya selama puncaknya kontraksi otot. Cakram Z menarik sarkomer di dekatnya secara bergantian, memperpendek seluruh serat otot. Bagian elastis otot meliputi beberapa hal, yaitu sebelum mentransfer tekanan yang dihasilkan oleh filamen geser, filamen-filamen tersebut sedikit meregang (Tortora & Derrickson, 2017)

Molekul titin, jaringan ikat endomisium, perimisium, dan epimisium yang mengelilingi serat otot, dan tendon yang menghubungkan otot ke tulang adalah bagian dari struktur elastis. Tendon dan jaringan ikat yang menutupi otot rangka akan tertarik terlebih dahulu saat sel-sel otot mulai memendek. Tendon dan penutup meregang dan kemudian mengencang, menarik tulang yang melekat padanya. Pergerakan bagian fisik adalah hasil akhirnya. Namun, siklus kontraksi tidak memendekkan serat otot dan seluruh otot. Filamen tipis pada beberapa alat tidak dapat bergerak ke dalam karena tegangan yang dihasilkan oleh jembatan silang yang berputar tidak cukup untuk memindahkan regangan pada otot (Tortora & Derrickson, 2017)

Serabut otot rangka tidak semuanya sama secara komposisi dan fungsinya. Misalnya, mioglobin, protein berwarna merah yang mengikat oksigen dalam serat otot, terdapat dalam jumlah yang berbeda-beda pada serat otot yang berbeda. Serabut otot merah pada kerangka adalah serabut otot yang memiliki kadar mioglobin yang tinggi dan berwarna lebih gelap. Sebaliknya, serabut otot putih adalah serabut otot yang memiliki kadar mioglobin yang rendah dan berwarna lebih terang. Serabut otot merah juga mengandung lebih banyak kapiler darah yang mengalir melaluinya dan jumlah mitokondria yang lebih banyak. (Tortora & Derrickson, 2017)

Selain itu, kecepatan serat otot rangka berkontraksi dan berelaksasi juga bervariasi, serta perbedaan dalam proses metabolisme yang mereka gunakan untuk menghasilkan ATP dan seberapa cepat mereka lelah. Sebagai contoh, kecepatan ATPase dalam serat

menghidrolisis ATP menentukan apakah serat tersebut cepat atau lambat. Serabut otot rangka diklasifikasikan ke dalam tiga jenis, yaitu serabut oksidatif lambat, serabut oksidatif glikolitik cepat, dan serabut glikolitik cepat (Tortora & Derrickson, 2017)

Serabut otot rangka yang memiliki kemampuan daya tahan lebih dari yang lainnya, yaitu serabut oksidatif lambat. Serabut otot oksidatif lambat adalah yang paling lemah karena memiliki diameter yang paling pendek. Mereka memiliki banyak kapiler darah dan banyak mioglobin, yang menjadikan mereka berwarna merah tua. Karena memiliki banyak mitokondria besar, serat oksidatif terutama menghasilkan ATP melalui respirasi sel aerobik. Serabut ini disebut sebagai serabut "lambat" karena siklus kontraksi bergerak lebih lambat daripada serabut "cepat" karena ATPase di kepala miosin menghidrolisis ATP secara relatif lebih lambat. Karena itu, laju kontraksi serabut oksidatif lambat. Mereka membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai ketegangan maksimal. Oleh karena itu, serabut ini dapat berkontraksi berkelanjutan dalam waktu yang lama (Tortora & Derrickson, 2017)

Aktivitas otot yang lebih tahan lama, biasanya pada serabut oksidatif lama, semakin bergantung pada respirasi seluler aerobik, yaitu serangkaian proses yang bergantung pada oksigen yang menghasilkan ATP dalam mitokondria. Asam piruvat masuk ke dalam mitokondria jika tersedia cukup oksigen, dimana asam piruvat dioksidasi secara total dalam proses yang menghasilkan ATP, karbon dioksida, air, dan panas. Meskipun lebih lambat daripada glikolisis, respirasi seluler aerobik menghasilkan jumlah ATP yang

lebih tinggi. Sebuah molekul asam lemak biasanya menghasilkan lebih dari 100 molekul ATP melalui respirasi sel aerobik untuk setiap 36 molekul glukosa yang dikonsumsi (Tortora & Derrickson, 2017)

Serabut-serabut otot memiliki dua sumber oksigen, yaitu difusi ke dalam serat otot dari darah dan oksigen yang dilepaskan oleh mioglobin di dalam serat otot. Mioglobin dan hemoglobin adalah protein pengikat oksigen. Mioglobin dan hemoglobin mengikat dan melepaskan oksigen sesuai jumlah kadar oksigen dalam darah, akan mengikat oksigen saat jumlahnya banyak dan melepaskan oksigen saat jumlahnya sedikit (Tortora & Derrickson, 2017)

Jika oksigen dan nutrisi tersedia dalam jumlah yang cukup, respirasi sel aerobik dapat menghasilkan ATP yang cukup untuk aktivitas yang lebih. Nutrisi ini berasal dari pemecahan protein, asam lemak dari pemecahan trigliserida dalam sel adiposa, dan asam amino dari glikolisis. Asam piruvat adalah salah satu dari nutrisi ini. Mayoritas ATP yang dibutuhkan untuk latihan berdurasi lebih lama berasal dari sistem aerobik. Hampir semua ATP yang dihasilkan pada aktivitas yang fokus pada daya tahan otot, seperti lomba maraton, dibuat oleh respirasi sel aerobik (Tortora & Derrickson, 2017)

2.1.2 Tes Kesegaran Jasmani “A”

Kapasitas untuk melakukan suatu aktivitas secara efektif tanpa merasa kelelahan yang berlebihan dikenal sebagai kesegaran jasmani. Untuk mengukur kesegaran jasmani seseorang, terdapat Tes Kesegaran Jasmani. Tes Kesegaran Jasmani terdiri dari beberapa komponen, yaitu Tes Kesegaran Jasmani “A” dan Tes Kesegaran Jasmani “B”. Tes Kesegaran

Jasmani “A” meliputi lari selama 12 menit dengan syarat-syarat tertentu. Sedangkan, Tes Kesegaran Jasmani “B” meliputi *pull-up*, *sit-up*, *push-up*, *lunges*, dan *shuttle run*. Tes Kesegaran Jasmani ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesegaran jasmani peserta. Tes Kesegaran Jasmani ini dilakukan pada prajurit TNI untuk mengetahui apakah kesegaran jasmani prajurit yang melakukan tes memenuhi standar atau tidak. Hasil Tes Kesegaran Jasmani harus memenuhi standar agar prajurit dapat melakukan tugas pokok dengan baik (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019)

Sarana Tes Kesegaran Jasmani “A” memiliki beberapa komponen penting yang mendukung pelaksanaan ujian kesegaran jasmani. Komponen-komponen tersebut meliputi tanda jarak setiap 10 meter, stopwatch, blangko tes, pluit, bendera start, meja dan kursi, pengeras suara, papan pencatat keliling, papan tabel nilai lari 12 menit, nomor dada, jam digital, serta spidol atau pulpen. Sedangkan, prasarana yang dibutuhkan untuk melaksanakan Tes Kesegaran Jasmani “A” adalah lintasan lari yang harus memiliki bentuk melingkar dan memiliki permukaan yang rata. Lintasan ini memiliki keliling minimal 200 meter dan dapat terbuat dari berbagai jenis material seperti grafiel, harcort, tartan, aspal, tembok cor, atau paving block. Semua persyaratan ini bertujuan untuk memastikan bahwa ujian kesegaran jasmani dilaksanakan dengan standar yang tepat dan akurat. (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019)

Pemanasan sebelum melakukan pelaksanaan Tes Kesegaran Jasmani “A” dipimpin oleh pelatih dan mengikuti urutan kegiatan sebagai berikut. Pertama, dilakukan pengecekan tes denyut nadi para peserta. Kemudian, dilanjutkan dengan melakukan tes *Vanderlay*. Setelah itu, dilakukan

peregangan pelepasan tubuh serta senam sebagai bagian dari pemanasan (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019).

Pelaksanaan Tes Kesegaran Jasmani "A" untuk pria dan wanita, khususnya tes lari selama 12 menit, mengikuti serangkaian langkah tertentu. Pertama, para peserta berkumpul di titik awal untuk mendapat penjelasan mengenai mekanisme pelaksanaan tes lari selama 12 menit. Selanjutnya, para peserta diberi kesempatan untuk mencoba lintasan lari dengan melakukan jogging untuk memutar lintasan sebanyak satu kali sebagai bagian dari pemanasan (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019).

Kemudian, pada saat aba-aba dari penguji, para pelaku memulai tes dengan berdiri di belakang garis start. Mereka diminta untuk berlari selama 12 menit, dan pada menit kesepuluh, akan terdengar bunyi pluit sebanyak dua kali panjang yang menandakan waktu tersisa 2 menit. Setelah waktu berjalan selama 12 menit, akan ada bunyi pluit panjang yang menandakan berakhirnya tes. Para peserta diinstruksikan untuk berhenti di tempat mereka berada, melepas nomor dada, menempatkannya di pinggir lintasan, dan kemudian menuju ke tempat papan pencatatan hasil lari (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019)

Petugas pencatat jarak akan mencatat jarak tambahan yang mungkin ditempuh oleh peserta pada titik nomor dada mereka diletakkan. Hasil lari akan dicatat oleh petugas di papan hasil lari dan ditunjukkan kepada peserta. Peserta juga akan mencatat hasil tersebut di blangko hasil tes lari yang perlu ditandatangani. Setelah menyelesaikan Tes Kesegaran Jasmani "A", para peserta diberi istirahat selama 10 hingga 15 menit sebelum melanjutkan tes berikutnya. Hasil Tes Kesegaran

Jasmani dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Markas Besar AD Dinas Jasmani, 2019).

| NO | N A M A | PANGKAT | NIM | GARJAS "A" | | GARJAS "B" | | | | RATA- ² | | KT. | RENANG | | | KET |
|------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------|------------|---------|------------|---------|---------|------|--------------------|-------|-------|--------|-------|----|-----|
| | | | | LARI 12' | PULL UP | SIT UP | PUSH UP | STL RUN | GORI | "AB" | JARAK | | GAYA | WAKTU | | |
| | | | | JRK | JML | JML | JML | WKT | | | | 10 | | | 11 | |
| PENDIDIKAN KEDOKTERAN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Abdi Lathif Yukahadi | Prajurit Kadet | 320220101001 | 2,720 | 2 | 41 | 43 | 19 | 73 | 65.38 | B | 100 M | Dada | 2.36 | | |
| 2 | Ahmad Fajar Sidik | Prajurit Kadet | 320220101004 | 2,310 | 7 | 41 | 43 | 19 | 79 | 57.75 | C | 30 M | Bebas | 1.49 | | |
| 3 | Andi Muhammad Fajri Rusdianto | Prajurit Kadet | 320220101007 | 2,460 | 8 | 41 | 43 | 19 | 80 | 61.75 | B | 60 M | Bebas | 2.41 | | |
| 4 | Aristodo Samosir | Prajurit Kadet | 320220101008 | 2,790 | 15 | 62 | 43 | 18 | 90 | 76.13 | B | 100 M | Dada | 2.45 | | |
| 5 | Aziz Al Qadri Setiawan | Prajurit Kadet | 320220101010 | 2,600 | 9 | 41 | 43 | 19 | 82 | 67.00 | B | 10 M | Bebas | 0.30 | | |
| 6 | Bertrand Revival Hutagalung | Prajurit Kadet | 320220101011 | 2,350 | 2 | 41 | 43 | 20 | 70 | 54.63 | C | 100 M | Dada | 2.44 | | |
| 7 | Binoto Tubagus Sirait | Prajurit Kadet | 320220101012 | 2,600 | 11 | 41 | 43 | 18 | 86 | 69.00 | B | 50 M | Bebas | 2.39 | | |
| 8 | Chenanya Putera Siadari | Prajurit Kadet | 320220101013 | 2,400 | 8 | 41 | 43 | 20 | 78 | 59.50 | C | 25 M | Bebas | 0.58 | | |
| 9 | Damas Prakoso | Prajurit Kadet | 320220101014 | 2,520 | 9 | 41 | 4 | 19 | 57 | 52.38 | C | 75 M | Dada | 0.25 | | |
| 10 | Daniel Ananda Pangihutan Sirait | Prajurit Kadet | 320220101015 | 2,820 | 11 | 41 | 43 | 18 | 86 | 74.38 | B | 95 M | Dada | 3.05 | | |

Gambar 2.1 Contoh Hasil Tes Kesegaran Jasmani

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

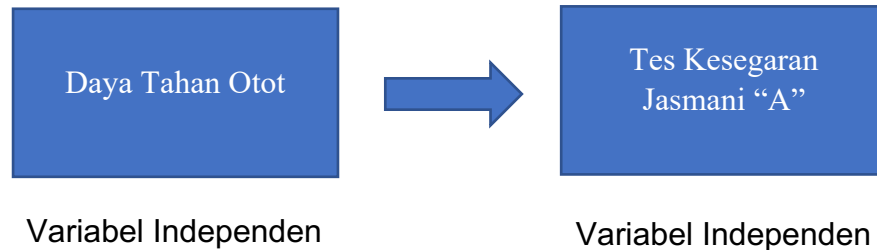
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

| No | Peneliti | Judul | Metode | Variabel | Hasil |
|----|------------------------------|--|--|---|---|
| 1 | Fahmy Fachrezzy (2021) | Physical Fitness of The Poomsae Taekwondo Athletes in Terms of Agility, Balance, and Endurance | Penelitian desain kuasi- eksperimental | Kebugaran Jasmani Atlet Poomsae Taekwondo dari Segi Kelincahan, Keseimbangan, dan Daya Tahan | Latihan kebugaran jasmani yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kelincahan, keseimbangan |
| 2 | Karol Gorner (2020) | The influence of endurance and strength training on body composition and physical fitness in female students | Eksperimen | Latihan daya tahan dan kekuatan komposisi tubuh dan kebugaran fisik pada siswa perempuan | Hasil penelitian menunjukkan pengaruh yang signifikan dari pelatihan terhadap pengurangan |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | lingkar pinggul, pinggang dan kadar lemak tubuh para wanita yang disurvei, serta peningkatan tingkat kebugaran fisik mereka dalam hal keseimbangan postural, kelincahan, kemampuan melompat, kekuatan statis, otot perut dan kekuatan fungsional bahu dan korset bahu, kecepatan dan daya tahan lari |
|--|--|--|--|--|--|

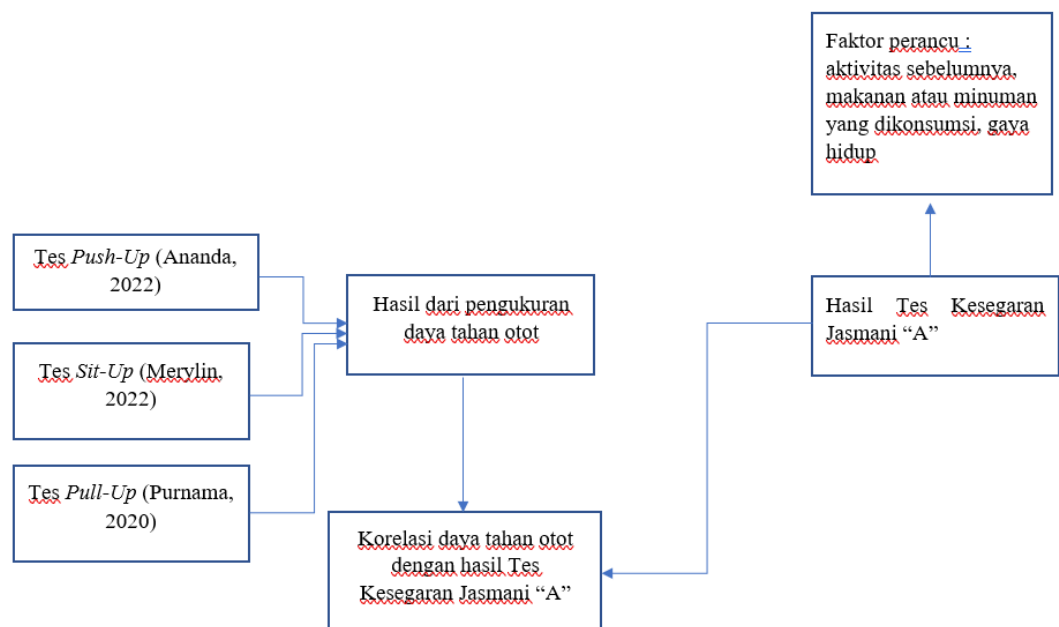
2.3 Kerangka Berpikir

2.3.1 Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

2.3.2 Kerangka Teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori

2.4 Hipotesis

H0: Tidak ditemukan adanya korelasi antara daya tahan otot dengan hasil Tes Kesegaran Jasmani "A" Kadet Mahasiswa Prodi Sarjana Kedokteran Unhan RI

H1: Ditemukan adanya korelasi antara daya tahan otot dengan hasil Tes Kesegaran Jasmani "A" Kadet Mahasiswa Prodi Sarjana Kedokteran Unhan RI